Populäre
Naturlehre
mit besonderer Rücksicht auf die
Chemie und verwandten Wissenschaften.

Von

M. Becquerel,
Mitglied der Akademie und erster Professor am naturgeschichtlichen Museum in Paris, Mitglied der königl. Societät in London, der Akademie in Berlin und vieler gelehrten Gesellschaften.

In neun Theilen,
mit einer Menge von Abbildungen.

Aus dem Französischen
von
Professor G. Kißling.

Sechster Theil.
Mit Tafel IX.

Herausgegeben von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher.“

Stuttgart, 1845.
Verlag von Scheible, Rieger & Sattler.
(Preis pro Theil 18 kr. oder $4\frac{1}{2}$ ggr.)

Viertes Kapitel.

Von der Phosphoreszenz.

Wenn die Moleküle der Körper mechanischen, chemischen oder freiwilligen Wirkungen unterworfen oder dem Einflusse des Sonnen-, elektrischen oder eines andern Lichtes oder der Wirkung der Wärme ausgesetzt werden, so entspringen daraus meistentheils außer einer Elektricitätsentwicklung Licht- oder phosphoreszirende Erscheinungen, die wir um so sorgfältiger untersuchen müssen, als sie von der Art sind, einiges Licht über die Kräfte zu verbreiten, nach welchen sich die Molokularconstitution der Körper richtet.

Da die Phosphoreszenz in allen Fällen erzeugt wird, wo das Gleichgewicht der elektrischen Kräfte gestört wird und da das elektrische Licht, so wie seine verschiedenen Farben die größte Aehnlichkeit mit dem phosphorischen Lichte hat, so ist man a priori darauf hingeleitet, eine Identität zwischen denselben zu begründen. Die Ursachen, welche die Phosphoreszenz hervorbringen, sind auch wirklich das Reiben, die mechanischen Wirkungen im Allgemeinen, die chemischen Wirkungen, die Temperaturerhöhung, das Sonnen- und elektrische Licht, die freiwilligen Wirkungen und der Akt des Wollens bei den Thieren, lauter Ursachen, welche Elektricität entwickeln. Wir haben nun bereits die elektrischen Erscheinungen gemustert, welche durch diese verschiedenen Ursachen hervorgebracht wurden; wir haben jetzt nur noch zu

Begründung ihrer Identität die nämliche Untersuchung in Betreff der Erscheinungen der Phosphoreszenz anzustellen. Wir wollen das, was wir über diesen Gegenstand zu sagen haben, in eben so viele Artikel eintheilen, als wirkende Ursachen da sind, und mit den Lichterscheinungen anfangen, welche von den mechanischen Wirkungen herrühren.

Von der Phosphoreszenz, welche von den Wirkungen des Spaltens, des Reibens und von dem Stoße herrührt.

Wenn man im Dunkeln eine Glimmerplatte spaltet, so bemerkt man einen schwachen Schein, und jeder der getrennten Theile zeigt eine entgegengesetzte Elektricität. In diesem Falle hat die Erscheinung der Phosphoreszenz zwar wohl einen elektrischen Ursprung, es ist aber nicht immer möglich, es auf eine so unmittelbare Weise wegen der Schwierigkeit zu beweisen, die entwickelten Elektricitäten zu sammeln, Elektricitäten, welche durch ihre unmittelbare Wiedervereinigung im Contakte nach ihrer Intensität einem Funken oder einem schwachen Schimmer das Entstehen geben. Wir geben ein Beispiel davon. Dumas beobachtete, daß die Borsäure, die in einem Platintiegel geschmolzen wurde, in dem Augenblicke des Abkühlens Ritzen bekam und ein lebhaftes Licht verbreitete, das der Richtung der Spalten folgte. Wer sieht nicht in dieser Erscheinung eine Wirkung, welche mit der der Elektricitäts- und der Lichtentwicklung bei dem Spalten des Glimmers und anderer mineralischer Substanzen, welche unter die schlecht leitenden Körper der Elektricität gehören, Aehnlichkeit hat?

Wenn man in einem Mörser gewisse Feldspathvarietäten zerreibt, oder zu wiederholtenmalen auf den muschelförmigen Feldspath, der sich leicht spaltet,

schlägt, so hat das phosphorische Licht, das in der Richtung der Spalten erzeugt wird, gleichfalls augenscheinlich einen elektrischen Ursprung. Ebenso verhält es sich mit dem chlorsauren Kali, das in einem Mörser stark zerrieben wird. Diese Substanz knistert, wird leuchtend und sprüht Funken.

Diese Eigenschaft, Licht auszustrahlen, theilen die guten Leiter der Elektricität nicht, bei welchen die Wiedervereinigung unmittelbar stattfindet. Der Grund davon ist ganz einfach.

Die beiden Elektricitäten, welche in dem Augenblicke frei geworden waren, als die Moleküle ihren Gleichgewichtszustand verloren, verbinden sich nach dem Grade der Leitungsfähigkeit der Körper mehr oder weniger schnell wieder; damit aber eine Lichterzeugung daraus entstehe, so muß die Spannung der Elektricität eine hinreichende Intensität haben, was es nothwendig macht, daß die Körper schlechte Leiter seien.

Man weiß, daß der Schlag des Feuerstahls auf die scharfe Kante eines Kiesels Funken in der Luft erzeugt, welche von der Verbrennung der Stahltheilchen herrühren, die losgerissen und durch das Reiben erhitzt wurden. Diese Erscheinung findet in dem leeren Raume nicht Statt; wenn man aber im Dunkeln experimentirt, so nimmt man nach Hawskbee einen blassen und schwachen Streifen auf der scharfen Kante des vom Stahle geriebenen Kiesels wahr. Dies ist ein Phänomen der Phosphoreszenz, und eine Erscheinung der nämlichen Art wie die, welche man durch schnelles Aneinanderreiben zweier Stücke Sahlbänder im leeren Raume erhält, eine Erscheinung, welche verschwindet, wenn man Luft hineinläßt. Der schwache Schein, den das Reiben in diesem letzteren Falle hervorbringt, veranlaßt uns, die Erscheinungen der Phosphoreszenz zu untersuchen, die bei dem gegenseitigen Reiben zweier ähnlicher Kör-

per hervorgebracht werden, um die Ursachen besser aufzufassen. Wenn man in dem leeren Raume eine schnelle drehende Bewegung einem gläsernen Rade gibt, und auf seinen Umfang eine gläserne Röhre mit Kraft drückt, um eine sehr starke Reibung hervorzubringen, so entwickelt sich ein so intensives Licht, daß man die in dem Apparate befindlichen Gegenstände unterscheiden kann; die Farbe ist die eines im Feuer glühend gemachten Glases. Der nämliche Fall tritt, jedoch mit geringerer Intensität, ein, wenn man in der Luft oder im Wasser operirt. Diese beiden Versuche zeigen klar, daß die Phosphoreszenz durch Reiben nicht von der Heterogenität der Theile, wohl aber von ihrer Erschütterung herrühre. Man kann also von jener bei den Versuchen abstrahiren.

Wenn man in dem leeren Raume Glas zwischen zwei flachen und ganz trocknen Austernschalen rasch reibt, so findet eine Ausstrahlung von dunkelrothem Lichte, wie das einer glühenden Kohle, Statt, eine Farbe, welche man bisweilen an den Austernschalen beobachtet, die calcinirt und im Dunkeln gesehen wurden, nachdem sie einige Augenblicke dem Sonnenlichte ausgesetzt waren.

Bei dem Dolomit wird die phosphorische Eigenschaft durch Reiben gut entwickelt. Man darf ihn nur mit einem harten Körper reiben, um einen Lichtstreifen wahrzunehmen, eine Eigenschaft, welche mehr von dem Gewebe, als von der Härte abhängt; denn es gibt sehr harte Dolomiten, welche diese Eigenschaft nicht haben, während andere weichere sie in einem hohen Grade besitzen. Da die chemische Analyse bis jetzt keinen Unterschied in der Zusammensetzung der verschiedenen Varietäten dieser Substanz angegeben hat, so könnte man daraus schließen, daß die Phosphoreszenz eine Molekulareigenschaft sei, eine Folgerung, die mit dem Principe übereinstimmt, daß je biegsamer die Theile, je beträchtlicher die

elektrischen Reibungserscheinungen sind, desto auffallender auch die Luftphänomene sein müssen; wir werden aber in einem Augenblicke sehen, daß das Dasein zufälliger Stoffe in einer Substanz außer ihrem Molekularzustande hinreichend sei, um Phosphoreszenz zu erzeugen.

Der Flußspath, dessen Oberfläche körnig ist, wird gleichfalls durch Reiben phosphoreszirend, während der compakte es weniger ist. Der phosphorsaure Kalk von Estremadura und andere Substanzen werden gleichfalls durch Reiben phosphoreszirend.

Saussure's Versuche geben einige von den Bedingungen zu erkennen, welche bei der Erzeugung der Phosphoreszenz durch Reiben dazwischen kommen. Der weiße oder farbige Marmor, d. h. der compakte Kalkstein, der mit Phosphorsäure glühend verkalkt wurde, wird durch Reiben durchaus nicht phosphoreszirend, während diese Eigenschaft bei der Kreide, welche die nämliche Zubereitung erlitten hat, leicht entwickelt wird; das Reiben mit einer Feder ist hinreichend, die Phosphoreszenz in Gestalt von leuchtenden Strichen zu erzeugen. Diese Eigenschaft zeigt sich auch dann noch, wenn man die dünne, glasartige Schichte, die sich auf der Oberfläche bildete, wegnimmt. Diese Thatsache zeigt, daß, unter übrigens gleichen Umständen, der bei dem Reiben entwickelte phosphorische Schein um so stärker ist, je eine lockerere Textur die Körper haben. Diese Bedingung ist gleichfalls die, welche die Entwicklung der Elektricität durch Reiben erleichtert. Dies ist einer von den Gründen, die uns bewogen, dem phosphorischen Lichte einen elektrischen Ursprung zu geben.

Das Phosphat, das sich bei dem Calciniren der Kreide mit Phosphorsäure bildet, krystallisirt leicht in den kleinen Höhlungen der mineralischen Substanz, woraus zahlreiche Unebenheiten entstehen, die man in dem Marmor oder dem compakten Kalke nicht wieder

findet. Aus einem ähnlichen Grunde befindet sich Gyps, der bei einem sehr starken Schmelzungsfeuer wie die Kreide mit Phosphorsäure behandelt wurde, und welcher ein grünlichweißes Salz gibt, das aus prismatischen, oft gestreiften, über einander liegenden und an ihre Enden viereckig geschnittenen Lamellen besteht, in den verlangten Bedingungen, um phosphoreszirend zu werden; auch ist er es sehr stark schon bei dem Reiben mit dem Barte einer Feder.

Der elektrische Ursprung der Phosphoreszenz wird sich bei einer großen Menge von Thatsachen zeigen, die wir nachher vortragen werden. Wir haben hier anzuführen, daß es außer den Wirkungen der Spaltung Phosphoreszenzerscheinungen durch Reibung gebe, welche mit elektrischen Erscheinungen begleitet sind, so wie die Spaltung uns mehrere Beispiele geliefert hat. Denn wenn man gewisse Diamanten mit ganz trockener Oberfläche auf einem wollenen Stoffe reibt, welcher vorher erwärmt wurde, damit er gleichfalls ganz trocken ist, so scheinen sie von einem Schimmer umgeben zu sein, während sie zu gleicher Zeit sehr elektrisch sind. Auf der andern Seite gibt es Diamanten, welche nicht leuchtend werden, obgleich sie elektrisch sind, nachdem sie gerieben wurden; aber das Reiben des Nagels macht, daß kleine Funken herausspringen. Boyle bemerkte, daß es möglich sei, Licht in einem Diamante dadurch zu erregen, daß man ihn stark auf ein Stück Fayence drückt; andere werden es durch ein leichtes Reiben auf Wolle und Seide. In dem ersten Falle ist also ein stärkeres Reiben erforderlich, um die Phosphoreszenz zu bestimmen.

Die Phosphoreszenz des Diamants hat die Forschungen mehrerer Physiker, wegen der mannigfaltigen Erscheinungen, welche diese Substanz zeigt, veranlaßt. Dufay fand sehr beträchtliche Verschiedenheiten in den Erscheinungen, welche besonders in Beziehung auf die Farbe durch die Reibung hervorgebracht wurden; un-

ter allen gelben Diamanten, mit denen er Versuche anstellte, war ein einziger mittelmäßig leuchtend; alle zeigten das Phänomen in demselben Grade; ein großer pfirsichblüthfarbiger Diamant strahlte gleich bei dem ersten Reiben ein lebhaftes Licht aus, und doch war er nicht so elektrisch, wie die gelben. Ein grüner brachte eine entgegengesetzte Erscheinung hervor, d. h. er wurde, obgleich er elektrisch war, durch das Reiben mit Mühe leuchtend. Ein ziemlich dicker blauer Diamant war durchaus nicht phosphoreszirend. Da er elektrisch war, so gab er bei der Annäherung des Fingers einen kleinen Funken. Ein amethystfarbiger Diamant verhielt sich ebenso. Dufay glaubte daraus schließen zu müssen, daß das Leuchtvermögen nicht so von der elektrischen Kraft abhänge, daß es nur Körper von gleicher Natur und gleicher Art gebe, wovon die einen leuchtender und weniger elektrisch, die andern dagegen elektrischer und nicht so leuchtend sind.

Um zu beweisen, daß das phosphorische Licht des Diamantes nicht das Resultat der in dem Reiben frei gewordenen Elektricität sei, wenn die elektrische Eigenschaft nicht entwickelt ist, zeigte Dufay, daß, nachdem ein Diamant durch Reiben elektrisch gemacht worden war, die elektrische Kraft, wenn man denselben naß machte, gänzlich vernichtet wurde, während das phosphorische Licht in demselben Grade fortdauerte. Der Schluß, den Dufay aus seinen Versuchen ableitete, ist nur aus einem gewissen Gesichtspunkte richtig. Die vorhergehenden Versuche zeigen bloß, daß das phosphorische Licht nicht von der Entwicklung der Elektricität bei dem Reiben zweier heterogener Körper herkomme, einer Wirkung, vermöge welcher jeder Körper eine entgegengesetzte Elektricität annimmt: der elektrische Ursprung der Phosphoreszenz ist ein ganz anderer; man muß ihn in jener Intermolekularelektricität suchen, die sich in den chemischen Wirkungen und in allen Zustandsverände-

rungen der Körper kund gibt, da keine Molekularwirkung ohne Freiwerden von Elektricität stattfindet. Wenn zwei an einander liegende Moleküle ihre Gleichgewichtslage auf irgend eine Art verlieren, so setzen sie eine gewisse Menge der beiden Elektricitäten in Freiheit, deren Wiedervereinigung nach ihrer Spannung und der Leitungsfähigkeit der Körper mehr oder weniger unmittelbar vor sich geht, woraus ein mehr oder minder lebhafter, mehr oder weniger farbiger Schein entsteht. Aus diesem Gesichtspunkte muß man den elektrischen Ursprung der Phosphoreszenz betrachten; übrigens lassen die Thatsachen, welche später vorgetragen werden sollen, keinen Zweifel über seine wirkliche Ursache übrig.

Von der Phosphoreszenz, welche in der Krystallisation erzeugt wird.

Es ist früher bewiesen worden, daß die Spaltung krystallisirter Substanzen, welche die Elektricität nicht leiten, eine Ursache der Phosphoreszenz sei, welche von der Wiedervereinigung der beiden Elektricitäten herrührt, die in dem Augenblicke in Freiheit gesetzt wurden, wo die Molekularattraktion aufgehoben wurde. Man muß also denken, daß in dem Augenblicke, wo sie ihre Wirkung äußert, d. h. in der Krystallisation, ähnliche Erscheinungen stattfinden müssen. Wir wollen jetzt die merkwürdigsten Phosphoreszenzerscheinungen durchgehen, welche bis jetzt bei der Krystallisation beobachtet wurden.

Das Natriumfluorür gibt bei langsamer Verdampfung regelmäßige kubische Krystalle, die sich auf dem Boden des Gefäßes absetzen. Wird die Krystallisation langsam und im Dunkeln bewerkstelligt, so findet ein Funkeln, eine Wirkung der Phosphoreszenz Statt.

H. Roze hat während der Bildung der Krystalle

von arseniger Säure gleichfalls eine Lichtstrahlung beobachtet, die sogar stark zu sein scheint. Nachdem er 2 bis 3 Gramme durchsichtiger und glasartiger arseniger Säure mit 45 Grammen nicht rauchender und mit 15 Grammen Wasser verdünnter Salzsäure genommen hatte, so ließ er das Ganze eine Viertelstunde lang kochen und die Mischung so langsam als möglich erkalten, indem er stufenweise die Flamme der Weingeistlampe verminderte. Er sah im Dunkeln, daß die Krystallisation von einer starken Lichtstrahlung begleitet war, indem jeder Krystall einen Funken erzeugt. Bei dem Umrühren des Gefäßes bildete sich eine große Menge Krystalle und das Phosphorlicht nahm eben so zu. Als er mit 30 bis 40 Grammen arseniger Säure operirte und das Gefäß in dem Augenblicke der Krystallisation umrührte, so war die Lichtstrahlung so stark, daß das dunkle Zimmer beleuchtet wurde. Dieses Phänomen dauerte mehrere Tage, nahm aber immer an Intensität ab und hörte erst dann auf, als sich keine Krystalle von arseniger Säure mehr bildeten. Man beobachtete einen schwachen oder gar keinen Schein, wenn die Abkühlung der Salzsäure schnell bewerkstelligt wurde.

Die andern Säuren, wie die Essig- und Salpetersäure, so wie die Schwefelsäure, welche nur eine sehr geringe Menge der arsenigen Säure auflösen, gaben nur sehr schwache Lichtscheine.

Wenn man einen großen Theil durchsichtiger arseniger Säure mit Königswasser, das keinen Ueberschuß an Salzsäure enthält, und in hinreichender Menge behandelt, um sie nicht vollständig aufzulösen und in Arsensäure zu verwandeln, so bemerkt man gleichfalls eine starke Lichtstrahlung.

Man weiß, daß die arsenige Säure glasartig oder undurchsichtig und von einer verschiedenen specifischen Dichtheit ist. Diese Säure ist anfänglich, nachdem sie geschmolzen worden ist, vollkommen durch-

sichtig; ist sie aber einige Zeit lang aufbewahrt worden, so wird sie milchicht und undurchsichtig, ohne etwas von ihrem Gewichte verloren zu haben. Roze hat die Phosphoreszenz bloß mit den glasartigen Krystallen erhalten und nur einen schwachen Schimmer bei der undurchsichtigen Säure beobachtet, selbst wenn er das Gefäß umrührte; man bringt die Erscheinung zu wiederholtenmalen hervor, wenn man die Auflösung der durchsichtigen Säure bis zum Sieden erhitzt und sodann langsam abkühlt: nur ist das Licht schwächer als bei dem ersten Versuche. Es scheint, daß das in dem letzteren Falle ausgestrahlte Licht davon herrührte, daß die Salzsäure Theile von durchsichtiger Säure aufgelöst enthielt, welche bei ihrem Uebergange von dem glasartigen Zustande in den undurchsichtigen eine schwache Phosphoreszenz in Uebereinstimmung mit Roze's Ansicht erzeuge, welcher glaubt, daß das Phänomen in dem Augenblicke zum Vorschein komme, wo die arsenige Säure in den Zustand der isomeren Bildung übergehe, welche nicht glasartig ist.

Das schwefelsaure Kali bringt eine ähnliche Erscheinung hervor; zu diesem Ende muß es aber eine gewisse Menge schwefelsaures Natron enthalten, welche im Allgemeinen in dem Verhältnisse von 1 Atom auf anderthalb, 2 oder 3 Atome schwefelsauren Kali's verschieden sein kann.

Wenn man in kochendem Wasser dieses vorläufig geschmolzene Salz auflöst, so findet immer Lichterzeugung Statt. Eben so verhält es sich ferner, wenn die Schwefelsäure durch isomorphe Säuren, Chromsäure oder Selensäure vertreten wird.

Wir wollen einige Mischungen der beiden alkalinischen Sulfate untersuchen, welche das Phänomen auf eine ganz deutliche Weise zeigen. Geschmolzene Mischungen von 11 Theilen schwefelsauren Kali's und 9 Theilen schwefelsauren Natrons, 2 Theilen

schwefelsauren Kali's und 1 Theil Natriumchlorür, 8 Theilen schwefelsauren Kali's und 3 Theilen kohlensauren Natrons oder gleiche Atomgewichte von schwefelsaurem Natron und von chrom- oder selensaurem Kali, welche weit schmelzbarer sind, als das schwefelsaure Kali allein, geben, wenn man sie in kochendem Wasser bis zur Sättigung auflöst, immer Licht beim Krystallisiren. Diese Krystallisation liefert ein Salz, das die nämliche Gestalt, wie das schwefelsaure Kali hat und wovon das schwefelsaure Natron ein wesentliches Element ist, obgleich es nicht immer in der nämlichen Quantität dazu kommt; in diesem Falle bilden sich warscheinlich isomorphe Doppelsalze, welche mit einander krystallisiren, indem beide Licht erzeugen. Wird die geschmolzene Masse in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, so behält sie die Eigenschaft, Licht beim Krystallisiren auszustrahlen; sie verliert dieselbe, wenn sie der Luft ausgesetzt wird, wahrscheinlich in Folge der Absorption des Wassers. Das neu bereitete Salz wird im Dunkeln leuchtend, wenn man es mit einem harten Körper reibt. Zum zweiten Male aufgelöst, erzeugt es kein Licht mehr, wenn man es abermals krystallisiren läßt; in diesem Falle aber schießt das schwefelsaure Kali allein in Krystalle an; das schwefelsaure Natron bleibt aufgelöst. Es scheint, daß im Allgemeinen die Auflösung, um ein Salz zu bilden, das mit Lichtstrahlung krystallisirt, mehr schwefelsaures Natron enthalten müsse, als zur Bildung der Krystalle erforderlich ist.

Roze, der die bei der Krystallisation hervorgebrachte Phosphoreszenz gründlich studirte, schreibt diese Erscheinung einer isomeren Veränderung zu, welche das Salz in dem Augenblicke seines Krystallisirens erleidet. Das schwefelsaure Natron geht in diesem Falle in eine isomere Modifikation über, bei welcher es mit dem schwefelsauren Kali isomorph ist, mit welchem das wasserfreie schwefelsaure Natron es gewöhnlich nicht ist.

Roze suchte das Princip über die Phosphoreszenz-erscheinungen gewisser Körper, wenn sie bei einer höheren Temperatur aus dem löslichen in den unlöslichen Zustand übergehen, zu bestätigen. Die Versuche sind mit dem Chromoxyde angestellt worden, das diese Erscheinung im höchsten Grade zeigt. Er tauchte die Kugel eines Luftthermometers in Chromoxyd, das nicht calcinirt und in einem Platinatiegel enthalten war. Als er stufenweise erhitzte, bis sich das Licht erzeugte, zeigte sich keine heftige Luftentwicklung in der Röhre des Thermometers, der mit einem anderen Ende in das Wasser tauchte, wie in dem Falle, wo die Lichtentwicklung von einer entsprechenden Wärmeentwicklung begleitet gewesen wäre. Er erhielt eine ähnliche Erscheinung bei der Lichterzeugung während der Krystallisation des Salzes. Dieser Versuch beweist also, daß das Lichtphänomen wirklich eine Wirkung der Phosphoreszenz ist.

Das Chlorkalcium erzeugt nicht weniger merkwürdige Erscheinungen, wenn dieses Salz vollständig in seinem Krystallisationswasser geschmolzen wird. Wenn man den Tiegel in ein dunkles Zimmer bringt und ihn stufenweise erkalten läßt, so bleibt nicht bloß das phosphoreszirende Licht mehrere Minuten lang, sondern man sieht auch deutlich breite Funken und Blitze, die mit einem Krachen begleitet sind, das wahrscheinlich von der plötzlichen Zusammenziehung der Masse oder von der Krystallisation herrührt.

Auf gleiche Weise bringt man das Phänomen hervor, wenn man ein gläsernes Stäbchen in die Löthung taucht, wovon ein großer Theil um das Stäbchen gerinnt, den man sodann herausnehmen kann. Ist der Tiegel erkaltet und die Phosphoreszenz verschwunden, so erhält man sehr schöne Funken, wenn man das Chlorür mit einem spitzigen Instrumente, oder mit einem Hammer schlägt oder es bloß ritzt. Man erhält ferner phosphoreszirende Funken, wenn man die Substanz in einem Mörser reibt.

Die Farbe und die Intensität der Funken scheinen mit dem Grade der angewandten mechanischen Kraft verschieden zu sein. Wenn man sachte ritzt, so erhält man starke Funken; ritzt man stark, so sind sie gelb; ein schwacher Schlag mit dem Hammer gibt einen orangefarbigen Funken.

Diese Erscheinungen beobachtet man leichter an neu geschmolzenem Chlorür, als wenn es, der Luft ausgesetzt, Wasser absorbirt hat. In diesem Falle nimmt die leuchtende Eigenschaft in dem Verhältnisse ab, als die Wassermenge zunimmt.

Vielleicht ist das Wasser nicht die einzige Ursache, die sich bisweilen der Kundgebung dieses Phänomens entgegenstellt; denn es gibt Chlorüre, welche dieses Vermögen nicht besitzen, obgleich sie kein Wasser enthalten. Es könnte geschehen, daß es nothwendig wäre, daß das Salz eine andere Substanz enthielte.

Von der Phosphoreszenz durch Erhöhung der Temperatur.

Die Phosphoreszenz durch Wärme nimmt natürlicher Weise ihre Stelle nach derjenigen ein, welche von den mechanischen Wirkungen und von der Krystallisation herrührt; denn die Wärme erzeugt ein wahres Spalten in dem Verhältnisse, als sie sich in den Körpern fortpflanzt, außerdem daß es noch allgemeiner ist. Diese Art der Phosphoreszenz ist demnach analog; wie jene rührt sie von der Wiedervereinigung der beiden Elektricitäten her, welche frei wurden, als sich die Moleküle von einander entfernten oder trennten.

Alle durch Wärme phosphoreszirende Körper offenbaren ihre Eigenschaft, wenn man sie als Pulver oder in kleinen Stücken auf einen mehr oder minder heißen Träger wirft. Der flußsaure Kalk nimmt wegen der Lebhaftigkeit seines Lichtes und der Mannigfaltigkeit seiner Farben den ersten Rang ein. Er wird leuchtend,

wenn man ihn entweder auf ein kochendes Quecksilberbad, in eine Mischung von Wasser und Schwefelsäure, in kochendes Wasser oder auf eine eiserne oder kupferne dunkelglühende Schaufel wirft. Es gibt Varietäten dieser Substanz, welche so zu sagen bei allen Graden phosphoreszirend sind; es gibt eine, der Flußspath, welcher bei 20 oder 25° leuchtend ist.

Um die Phosphoreszenz in allen ihren Phasen, besonders an den Körpern zu beobachten, welche dieselbe nur in einem sehr schwachen Grade besitzen, muß man in einer vollkommenen Dunkelheit und so operiren, daß man in jedem Augenblicke die Temperatur angeben kann, bei welcher man operirt. Zu diesem Ende nimmt man einen Pistolenlauf, der an der Schwanzschraube durch eine Schraube geschlossen ist, wodurch es möglich wird, sein Inneres nach Belieben zu reinigen. Der Lauf c Fig. 23 Taf. VII. wird senkrecht in einen Ofen gestellt. An seiner Mündung befindet sich ein starkes, eichenes Brett mit einem eisernen Reife, das eine Oeffnung hat, durch welche die Mündung des Laufes geht. Man wirft die Substanzen als Pulver oder in kleinen Stücken in den Lauf und verschließt die Oeffnung mit einem Glase, um das Auge gegen das Ausstrahlen der Wärme zu schützen. Der Beobachter muß lange vor dem Experimentiren in der Dunkelheit sein, damit er seine Netzhaut für die schwächsten Lichtstrahlungen empfänglicher mache.

Eine große Anzahl von Substanzen, mit welchen ein Versuch angestellt wurde, beweist, daß fast alle Körper durch die Wärme phosphoreszirend werden, aber nicht bei demselben Grade; so leuchten das schwefelsaure Kali, die Natrium- und Quecksilberchlorüre, die glasartige, arsenige Säure nur bei 200 Gr.; Flußspath-Varietäten bei 25, 50 Gr. und darüber hinaus. Um mit einer gewissen Genauigkeit den Grad und die Phasen der Phosphoreszenz zu bestimmen,

muß man die Schwanzschraube des Laufes gradweise erhitzen, bis sich jene zu zeigen anfängt, einen Augenblick inne halten, und die Temperatur mit den früher beschriebenen thermo-elektrischen Apparaten messen; da man aber häufig nöthig hat, bei Temperaturen zu beobachten, welche niedriger sind, als die des kochenden Quecksilbers, so kann man sich darauf beschränken, den Lauf in ein Bad von diesem Metalle zu stellen, das auf einem Ofen erhitzt ist. Die Temperatur des Quecksilbers ist die der Schwanzschraube. Man kann ferner die Substanzen auf die Oberfläche des Quecksilberbades werfen, in welches ein Thermometer eintaucht.

Mit Ausnahme des flußsauren Kalks, des erdigen phosphorsauren Kalkes und einiger andern Substanzen, welche im Allgemeinen nur etwas über 350° vollständig Licht ausstrahlen, werden fast alle organische oder nichtorganische Körper, die keine Leiter der Elektricität sind, phosphoreszirend, wenn sie auf Darcet's leichtflüssige Legirung geworfen werden. Die Intensität des ausgestrahlten Lichtes scheint im Allgemeinen im direkten Verhältnisse mit der Temperatur, bei welcher sie erzeugt wird, und ihre Dauer im umgekehrten Verhältnisse zu stehen. Wenn sich daher die Phosphoreszenz bei einer sehr hohen Temperatur zeigt, so ist sie von kurzer Dauer und zeigt sich nicht mehr, wenn man darüber hinaus erhitzt.

Um die Erscheinung zu analysiren, thut man violetten flußsauren Kalk in kleinen Stücken in den Pistolenlauf; diese Substanz fängt an, einen bläulichen Schimmer auszustrahlen. Fährt man mit dem Erhitzen derselben fort, so geht die Farbe nach der Reihe in hell, dunkelviolett, dunkelblau, veilchenblau, lasurblau über, sodann erlischt die Phosphoreszenz. In diesem Augenblicke sind die Stücke farblos und haben ihre phosphorische Eigenschaft verloren. Der grüne flußsaure Kalk fing bei einem Versuche damit an, eine

olivengrüne Farbe, die glänzendste unter allen, anzunehmen, bevor er die blauen Schattirungen annahm. Der gelbe flußsaure Kalk zeigte eine sehr helle veilchenartige Farbe, die nach und nach verschwand. Auf diese Weise werden die Lichterscheinungen von einer Varietät zur andern modificirt.

Was den weißen flußsauren Kalk im Allgemeinen anbetrifft, so ist er nicht phosphoreszirend; oder wenn er es ist, so ist er es immer in einem sehr schwachen Grade. Der violette, blaue oder gelbe flußsaure Kalk u. s. w., welcher durch die Wirkung der Wärme entfärbt wurde, befindet sich in demselben Falle. Wir werden bei der Abhandlung von dem Einflusse des elektrischen Lichtes auf entfärbte Flüsse sehen, daß man ihnen die phosphorische Fähigkeit dadurch wieder gibt, daß man sie seiner Einwirkung aussetzt.

Der erdige phosphorsaure Kalk von Estremadura in kleinen Stücken strahlt eine hellgelbe Farbe aus, welche sehr schnell verschwindet. Im Allgemeinen wird diese Substanz durch den ersten Impuls auf den Träger, der bis zum anfänglichen Glühen erhitzt ist, phosphoreszirend, und verliert diese Fähigkeit unmittelbar darauf, während sie bei einer niederern Temperatur nach und nach das phosphorische Vermögen verliert.

Der kohlensaure Strontian gibt eine dunkle orangegelbe Farbe, welche schnell verschwindet.

Der kohlensaure Baryt wird nicht merklich phosphoreszirend, wenn man nach und nach die Temperatur bis zur Glühhitze erhöht; er wird es aber durch den ersten Wurf auf den Träger, der zum anfänglichen Glühen erhitzt ist; alsdann gibt er eine gelbliche Farbe.

Der pulverisirte Dolomit, der auf eine eiserne Schaufel geworfen wird, die unter dem anfänglichen Glühen erhitzt ist, gibt ein sehr schönes Licht, das in Beziehung auf Intensität und Dauer demjenigen ähnlich ist, welches in denselben Umständen die Kreide

ausstrahlt; nur ist das Licht des Dolomit sehr lebhaft orangeroth, während das der Kreide bläulich weiß ist. Der Dolomit, welcher einmal diese Erscheinung zeigt, läßt vermittelst einer glühend gemachten Schaufel nur einige Spuren eines weißen, kaum wahrnehmbaren Lichtes sehen und sogar dies erst, wenn er mehrere Stunden der Sonne ausgesetzt gewesen war.

Man kann die Erscheinungen, welche durch eine langsame und durch eine rasche Temperaturerhöhung hervorgebracht werden, leicht erklären. Im ersten Falle muß die Elektricitätsentwicklung so wie die Lichtausstrahlung, welche sie begleitet, sehr schwach sein; wenn aber die Temperaturerhöhung rasch ist, so ist es die Elektricitätsentwicklung gleichfalls und die Spannung der entwickelten Elektricität kann alsdann die erforderliche Kraft besitzen, um Licht zu geben.

Wir wollen andere Substanzen untersuchen, mit denen man die nämliche Untersuchungsweise anstellte. Die Kreide und im Allgemeinen die verschiedenen Varietäten kohlensauren Kalkes von lockerer Constitution sind bei dem ersten Wurfe auf einen dunkelglühenden Körper leuchtend. Die farbigen Kalksteine von einer etwas lockern Textur sind phosphoreszirender als die mit fester Textur, und im Allgemeinen verlieren die glasartigen Körper durch die Wirkung der Wärme ihre leuchtende Eigenschaften weit schwerer, als die, welche es nicht sind. Alle diese Thatsachen beweisen den Einfluß der Molekularconstitution auf die Hervorbringung der Erscheinungen der Phosphoreszenz.

Es ist hinlänglich bewiesen, daß die Temperaturerhöhung die phosphorischen Eigenschaften der Körper erhöht; man kann sich fragen, wie das Sinken der Temperatur in Beziehung auf sie wirke. Edmund Becquerel hat einige Versuche in dieser Beziehung angestellt, welche diese Frage beantworten. Nachdem

er Muschelschalen genommen hatte, welche durch das Sonnen, dessen Verfahrungsweise wir später kennen lehren werden, phosphoreszirten, und sich in die Dunkelheit gestellt hatte, so wurde ein Theil davon in eine Kapsel gethan, welche in eine Kälte machende Mischung von — 20° eintauchte und der andere in eine Kapsel bei der gewöhnlichen Temperatur. Die Schalen, deren Temperatur man erniedrigt hatte, verloren schneller ihre Phosphoreszenz. Der Versuch wurde mit dem Unterschiede wiederholt, daß die Schalen nur wenige Augenblicke in dem Sonnenlichte blieben. Eine Viertelstunde nachher strahlten sie beinahe die nämliche Farbe aus. Als die Schalen dunkel geworden waren, so nahm man aus der kalt machenden Mischung diejenigen heraus, die sich darin befanden; sie wurden nun bei der Temperatur der sie umgebenden Luft phosphoreszirend; sie erloschen aber bald darauf; als man sie erhitzte, erschien ihr Licht wieder. Man sieht daraus ein neues Beispiel von dem Einflusse der Temperatur auf die Hervorbringung der Phosphoreszenz.

Die metallischen Substanzen und ihre Zusammensetzungen werden mit äußerst wenigen Ausnahmen durch Reiben nicht phosphoreszirend; eben so verhält es sich, wenn sie der Wirkung der Wärme unterworfen werden. Die metallischen Feilspäne bringen zwar ein augenblickliches Leuchten hervor, welches verschwindet, wenn man sie auf eine glühend gemachte Platte wirft; dies ist aber eine complicirte Erscheinung, wovon wir in einem Augenblicke sprechen werden.

Man hat früher gesehen, daß einige Körper, nachdem sie auf einen gewissen Wärmegrad erhitzt worden waren, ihr Leuchtungsvermögen verloren. Diese Behauptung ist richtig. Aber nicht alle verlieren dasselbe auf eine unbedingte Weise, unter andern die Erden, welche ihre leuchtende Eigenschaft behalten,

die Wärme, der man sie aussetzt, mag auch sein, welche sie will; sie glänzen gewöhnlich sehr gut bei 250°. Die Kreide, die kohlensauren Baryte und Strontiane werden bei einer gemäßigten Wärme leuchtend; fährt man fort, ihre Temperatur zu erhöhen, so erlischt ihr Licht nach und nach, belebt sich aber aufs Neue, wenn sie eine halbe Stunde lang einer Weißglühhitze ausgesetzt wurden, die im Stande ist, sie zu zersetzen, und fahren fort, unbestimmt zu glänzen, so lange man die Temperatur beibehält. Wahrscheinlich verschwindet die Phosphorenz in dem Augenblicke, wo sich die Carbonate zersetzen und erscheint wieder, wenn ihre Basen ganz frei sind. In diesem Falle sind die elektrischen Erscheinungen, welche im Augenblicke der chemischen Zersetzung hervorgebracht werden, vielleicht nicht intensiv genug, um Licht zu erzeugen.

Wir wollen eine andere Ordnung von Thatsachen anführen. Die alkalinischen oder erdigen Salzhydrate, welche ihre Säure bei einer starken Hitze behalten, verlieren doch mehr oder weniger ihre Phosphoreszenz. Diese Erscheinung rührt einzig von ihrer Entwässerung her; denn wenn man sie eine Zeitlang der Luft aussetzt, damit sie ihr Krystallisationswasser wieder erlangen, so erlangen sie die verlorne leuchtende Eigenschaft wieder. Es gibt andere Substanzen, wie die Silikate, den Quarz, das Glas, den muschelförmigen Feldspath, welche ihre einmal verlorne leuchtende Eigenschaft nicht wieder erlangen; dies rührt wahrscheinlich von der neuen Molekularanordnung her, zu welcher sie die Wärme nöthigte.

Man muß indessen mehrere Substanzen, unter andern den Feldspath, ausnehmen, welcher diese Eigenschaft wieder erlangt, wenn man ihn dem Sonnen- oder elektrischen Lichte aussetzt, welches wahrscheinlich den Molekularzustand modificirt, was wir

zu zeigen Gelegenheit haben werden, wenn wir von den Erscheinungen der Phosphoreszenz sprechen, die unter dem Einflusse des elektrischen Lichts hervorgebracht werden.

Von der Phosphoreszenz durch die Wärme der brennbaren Substanzen.

Viele brennbare Substanzen werden durch die Wärme phosphoreszirend. Wir führen unter andern die Steinkohle, den Torf, das Wasserblei, den Gagath, den Schwefel u. s. w.; bei den vegetabilischen Substanzen, die Bohnen, das Maismehl, das Stärkemehl von Kartoffeln, das Roggenmehl, das Papier u. s. w.; unter den animalischen Substanzen die Knochen, die Zähne, die Muschelschalen, die Korallen u. s. w. an. Die Temperatur darf jedoch nicht so hoch sein, um diese Substanzen zu verkohlen. Unter den flüssigen Körpern führt man die flüchtigen Oele an, welche bei der Siedhitze phosphoreszirend werden, während die empyreumatischen Oele diese Fähigkeit nicht besitzen. Im Allgemeinen zeigen alle Flüssigkeiten, deren Temperatur man, ohne sie zu zersetzen, bis zur Siedhitze erhöhen kann, wie das Wasser, der Wein, die Säuren, keine Phosphoreszenz.

Wir geben hier einige Angaben, welche nicht ohne Interesse sein werden: der Terpentingeist hört bei 75°, das Steinöl bei 90°; das Leinöl bei 106°, das Nuß- und Mohnöl bei 132°, das Münzöl bei 194°, das Olivenöl bei 225°, das süße Mandelöl bei 250° auf, leuchtend zu sein. Die Destillation dieser Oele veranlaßt keine Phosphoreszenzerscheinung.

Von den verschiedenen Arten phosphorischen Lichtes.

Man unterscheidet zwei phosphorische Lichter, das

eine durch Ausströmung, das andere durch Flimmern: das erstere ist jenes leichte, flüchtige, mehr oder minder farbige Licht; das andere ist eine Reihe von Funken, welche mehr oder minder schnell aus den Körpern hervorkommen. Die Erden und die alkalinischen erdigen Zusammensetzungen geben ein Beispiel von Lichtausstrahlung; die in feine Feile verwandelten Metalle, ihre Oxyde und die Metallsalze und im Allgemeinen alle brennbare Substanzen ein Beispiel der zweiten Art.

Wir haben bisher von der Phosphoreszenz nur auf eine allgemeine Weise gesprochen, indem wir die verschiedenen Färbungen angaben, durch welche ihr Licht von dem Augenblicke seiner Erscheinung an bis zu dem seines Erlöschens ging. Es ist nun die Aufgabe, dasselbe aus dem Gesichtspunkt der eigenthümlichen Farben zu untersuchen, welche die Substanzen nach ihrer Natur ausstrahlen, indem wir nicht die auf einander folgenden Färbungen in jeder Substanz verfolgen, sondern uns bloß an die Farbe halten, welche die andauerndste ist.

Gewisse Marmorarten und der Bernstein geben einen goldgelben Schein; der Flußspath und der arsenigsaure Kalk ein grünliches Licht: verschiedene Flußspatharten eine violette Farbe; der orientalische Granat, der Milchzucker ein rothes Licht; der Dolomit, der Aragonit und einige Diamanten ein glänzend weißes Licht; der Kreuzstein eine grünlich gelbe Farbe; der Flußspath eine grüne Farbe.

Bei den kohlensauren Kalksteinen zeigen sich die gelbe und blaue Farbe; selten die grüne. Die Säuren scheinen in ihren Verbindungen mit den Basen einen Einfluß auf die Farbe auszuüben. Bei den Verbindungen der Flußsäure sind die herrschenden Farben gelb, blau und grün und in den meisten Fällen diese beiden Farben; in denen der Phosphorsäure grün und gelb; in denen der Schwefelsäure gelb

und blau; in denen der Arsensäure grünlich und blau; bei den kieselartigen Substanzen sind die herrschenden Farben blau, gelb, grün; bei den thonartigen gelb und weiß.

Wer erkennt nicht in den mannigfaltigen Farben, welche das phosphorische Licht annimmt, diejenigen, welche dem elektrischen Funken eigenthümlich sind, wenn er zwischen mehr oder minder gut leitenden Körpern ausbricht? Da wir nun kein Mittel haben, die Verhältnisse der elektrischen Leitungsfähigkeit der Moleküle desselben Körpers bei verschiedenen Temperaturgraden zu erkennen, so können wir die Farbe des elektrischen Lichtes, welches von den Partikelchen in dem Augenblicke ausgestrahlt wird, wo sie sich erweitern, nicht bestimmen; denn dieses Licht hängt von der Spannung der frei gewordenen Elektricitäten und diese Spannung selbst von dem Leitungsvermögen der Theile ab. Ein Beweis, daß die Erscheinung molekular ist, liegt darin, daß die Natur des Mediums die Phosphoreszenz durch die Wärme in gar nichts modificirt. So verhält es sich aber nicht in Beziehung auf die organischen Substanzen, welche in dem Sauerstoffe mehr Glanz ausstrahlen, als in den andern Gasen. In diesem Falle tragen zwei Ursachen zu Erzeugung des Lichtes bei: die Phosphoreszenz, welche von der Bewegung der Moleküle und die, welche von einer langsamen Verbrennung herrührt. Placidus Henrich, welcher sich mit diesem Gegenstande viel beschäftigte, hat auf diese Weise eine Classifikation der Substanzen nach ihren phosphorischen Eigenschaften begründet.

Der Kalk, welcher durch die Wärme sehr leuchtend wird, behält diese Eigenschaft in allen seinen Verbindungen; die schwefelsauren Kalke sind nicht so phosphoreszirend als die kohlensauren; die kieselartigen Substanzen sind bei weitem nicht so phosphoreszirend, wie die mit Kalkbase. Die Wärme des

rothglühenden Kupfers macht diese letztern leuchtend, wenn sie in Pulver verwandelt wurden; haben die Stücke eine gewisse Dicke, so ist eine höhere Temperatur erforderlich.

Die am meisten phosphoreszirenden Zusammensetzungen sind der sächsische Topas, der Amethyst, der Jaspis, der Smaragd, der Zirkon. Die mit Metalloxyden gefärbten Gläser leuchten besser als die weißen. Was die rein thonartigen Substanzen anbetrifft, so nehmen sie den letzten Rang ein. Die angeführten zahlreichen Beispiele von Phosphoreszenz durch Wärme reichen hin, einen sehr deutlichen Begriff von dieser Erscheinung zu geben.

Von den verschiedenen Ursachen, welche auf die Phosphoreszenzerscheinungen durch Wärme influiren.

Die Verbrennung kann selbst alsdann Licht erzeugen, wenn sie sehr schwach ist, wie der Phosphor, welcher bei der gewöhnlichen Temperatur brennt, ein Beispiel davon ist. Wie kann man aber alsdann in den Fällen einer Phosphoreszenz, wo man anzunehmen hat, daß Verbrennung stattfinde, erkennen, ob das ausgestrahlte Licht von der eigentlichen Phosphoreszenz oder von der Verbrennung herrühre? Es gibt Fälle, wo die Unterscheidung sehr schwer anzugeben ist.

Wenn der Phosphor verbrennt, so hat das Licht ganz das Aussehen der Phosphoreszenz, daher leitet sich auch die Benennung derselben von dem Lichte des verbrennenden Phosphors ab. In diesem Falle ist das Entstehen des Lichts nicht zweifelhaft.

Das Verbrennen des Schwefels gibt nach der Temperatur, in welcher es bewirkt wird, zu mehreren Arten ganz verschiedener Lichter Veranlassung: das Licht ist weiß, wenn er bei einer hohen Tem-

peratur verbrennt; das blaue Licht, das Jedermann kennt, verbreitet er bei der Temperatur der Glühhitze; sodann zeigt er noch jenes andere, schwache und gleich dem phosphorischen, flüchtige Licht, welches entsteht, wenn man im Dunkeln pulverisirten Schwefel auf eine eiserne Platte, die unter der Rothglühhitze erwärmt ist und bei einer Temperatur wirft, die jedoch hinreichend ist, ihn zu verflüchtigen. In den beiden ersten Fällen ist der chemische Ursprung nicht zweifelhaft; dieser Fall tritt aber bei dem letzteren nicht ein.

Rührt jener schwache Schein von einer langsamen Verbrennung oder von einer Molekularbewegung her? Man weiß es nicht. Hält man einen kalten Körper über den erhitzten Träger, so bekommt man sublimirten Schwefel. Man schloß daraus, daß die Verflüchtigung zu Erzeugung des Phänomens etwas beitrage; da man aber nicht suchte, in demselben Umstande das Dasein der schwefligen Säure zu erkennen, so bleibt man im Zweifel.

Wenn die eigentlichen brennbaren Stoffe auf eine Kupferplatte gelegt werden, welche in dem Grade erhitzt ist, daß sie nicht ins Glühen gerathen, so fangen sie im Allgemeinen immer damit an, daß sie verbrennen, ehe sie einen so schwachen Schein von sich geben, daß er das ganze Aussehen eines phosphorischen Lichtes hat. Wenn man den Versuch im Sauerstoffe anstellt, so darf man annehmen, daß das Phänomen von einer schwachen Verbrennung herrühre; es verhält sich aber nicht mehr so, wenn es in der Leere hervorgebracht wird oder in einem Medium, das mit kohlensaurem Gase oder einem andern nicht verbrennlichen Stoffe angefüllt ist. Das Antimon, der Graphit, der Bernstein, der Mais leuchten und verbreiten einen schwachen Schein in diesen verschiedenen Fällen.

Ein anderes derartiges Beispiel. Das Olivenöl,

das in eine Röhre gethan und hinreichend erhitzt wird, um ohne Docht zu brennen, erlischt augenblicklich, wenn es in Kohlensäure getaucht wird, fährt aber fort, einen schwachen Schein zu verbreiten. Man sieht also, daß das phosphorische Licht, das sich entwickelt, wenn man gewisse brennbare Körper der Wirkung der Wärme aussetzt, bald von der Verbrennung, bald von einer Molekularbewegung herrühre.

Wir wollen zu einer andern Ordnung von Erscheinungen übergehen. Man hat früher gesehen, daß die kalkartigen Substanzen im Allgemeinen am meisten phosphoreszIren. Woher kann denn diese Eigenschaft herrühren? Th. von Saussure hat einige Untersuchungen in der Absicht angestellt, diese Frage zu lösen. Er experimentirte zu dem Ende mit sehr reinem, kohlensauren Kalke, der von Rhomboedern von durchsichtigem isländischen Spathe herkam und der im Dunkeln keinen wahrnehmbaren Schein von sich gab, wenn man ihn auf eine rothglühende Metallplatte warf.

Wir wollen die vorläufigen Beobachtungen angeben, die ihn bei seinen Forschungen leiteten. Alle Kalksteine, welche mit der Phosphoreszenz durch Wärme versehen sind und auf eine gehörige Weise mit destillirtem Wasser behandelt werden, geben keine zweideutige Zeichen von dem Dasein der Schwefel- und Salzsäure. Diese letztere Säure schien nach einer großen Anzahl von Proben Saussure eine von den Ursachen der Phosphoreszenz zu sein. Er fand ferner, daß die Verbindung des Kalks mit der Salzsäure auf einem glühenden Eisen nie Licht ausstrahle, wenn die beiden Substanzen vollkommen rein sind. Löst man bis zur Sättigung eine gewisse Menge isländischen Spaths in Salzsäure auf, so läßt diese filtrirte Auflösung durch Verdunstung in einer gläsernen Kapsel einen weißen und zerreiblichen, nicht

phosphoreszirenden Rückstand zurück. Ebenso verhält es sich mit dem Rückstande der salzsauren Auflösung, die mit dem kohlensauren Kalke gemacht wurde, und wenn die Rückstände bis zur Verglasung glühend gemacht worden waren. Ein kohlensaurer Kalk, der in den ersten Rückstand, wenn er im Schmelzen ist, geworfen wird, bringt ein lebhaftes Aufbrausen, aber ohne irgend eine Phosphoreszenz hervor. Enthält aber das Carbonat Eisenoxydul, so bemerkt man an der Oberfläche der Mischung eine sehr schöne Phosphoreszenz. Nimmt man die Substanz aus dem Tiegel, bevor die Verbindung vollendet ist, und legt sie nach dem Erkalten auf ein glühendes Eisen, so ist sie phosphoreszirend. Der Rückstand der Verdunstung der salzsauren Auflösung, die mit einem mit Eisenoxydul versehenen Carbonate gemacht wurde, gibt immer vermittelst der Wärme eine sehr schöne Phosphoreszenz.

Wenn man endlich in geschmolzenes Chlorkalcium Eisenfeile wirft, so bringt das Chlor in seiner Verbindung mit dem Metalle ein bläulich-weißes phosphorisches Licht hervor, das sich mehrere Centimeter über die Mischung erhebt. Dieses Licht macht den Tiegel durchscheinend, der sich dadurch selbst in einer blauen Atmosphäre befindet. Aus der Mischung entwickeln sich einige Blasen, welche bei ihrem Zerplatzen in der Luft ein blendend rothes Licht zeigen.

Das Mangansuperoxyd entwickelt aus dem geschmolzenen Chlorkalcium einen weißen Rauch, welcher die Flamme der Kohlen roth färbt. Das erzeugte Licht steht immer im umgekehrten Verhältnisse zu der Oxydirung des Metalls.

Als Saussure auch die Phosphoreszenz des Flußspaths untersuchte, so fand er, wie man übrigens schon lange wußte, daß die vollkommen weißen und durchsichtigen Krystalle jene Eigenschaft nicht besitzen. Indem er sich auf die vorhergehende Beobachtung

stützte, kam er auf den Gedanken, daß es wohl möglich wäre, daß die farbigen Flußspathe ihre phosphorische Eigenschaft dem Dasein des Eisens verdanken, und daß sie um so phosphorischer seien, je mehr Eisen sie im Zustande eines Oxyduls enthalten. Der Spath verliert auch wirklich bei seinem Entfärben, durch die Wirkung der Wärme, seine phosphoreszirende Eigenschaft, was eine vollständigere Oxydirung des Eisens anzuzeigen scheint.

Was geht wohl vor, wenn man einen farbigen Flußspath erhitzt? Es entsteht zuerst ein außerordentliches Knistern, das nicht allein von dem Krystallisationswasser und der ungleichen Ausdehnung der Oberfläche abzuhängen scheint; denn bei gleicher Wärme ist das Knistern um so stärker, je lebhafter die Phosphoreszenz ist, und hört mit derselben auf; wenn man in einen gut verschlossenen Tiegel grünen, halb durchsichtigen Flußspath thut, so verliert diese Zusammensetzung bei dem Kalciniren ein Drittel ihres Gewichts. Daraus geht hervor, daß, weil der Flußspath bei dem Kalciniren seine phosphoreszirende Eigenschaft und einen Theil seines Gewichtes verliert, eine Veränderung in seiner Zusammensetzung vor sich gehen müsse, welche von einer Lichtausstrahlung begleitet ist. Worin besteht aber die Natur dieser Veränderung? Wenn man mehrere Stunden lang destillirtes Wasser über unkalcinirtem Flußspath kochen läßt, so zeigt die filtrirte und concentrirte Flüssigkeit mit Reagentien weder das Dasein des Eisens, noch der Salzsäure an; der Rückstand der Verdampfung ist nichtzersetzter Flußspath.

Die nämliche Operation wurde mit einer gleichen Menge Flußspath wiederholt, der bis zum Schmelzen in einem Platinatiegel gebrannt wurde. Die concentrirte Auflösung schlug durch das Cyankalium blau, und durch das salpetersaure Silber weiß nieder. Der bis zur Trockenheit verdampfte Rückstand war

zerfließend, wurde an der Luft braun und schien großen Theils aus einem sehr eisenhaltigen alkalischen Chlorür zu bestehen. Scheele hatte schon das Dasein des Kochsalzes in dieser Substanz angegeben.

Saussure's Versuche zeigen auf eine unumstößliche Weise den Einfluß auf die Phosphoreszenz aus dem Dasein von Metallen, die in einen höhern Oxydationszustand übergehen; ist dies aber die einzige Ursache? Dies ist also ein Grund zu untersuchen, welchen Antheil die Färbung der Körper an der Erzeugung der Phosphoreszenz habe.

Die Färbung kann von drei Ursachen herrühren: von der Natur der Körper selber, von der Anordnung ihrer Moleküle, von der Mischung oder Verbindung einer andern Substanz, welche fast immer ein Metalloxyd ist.

Wir werden bei der Abhandlung von der Phosphoreszenz, welche von dem elektrischen Lichte hervorgebracht wird, sehen, daß die zweite Färbungsweise die nämliche Eigenschaft besitzt, wie die letztere; wir wollen indessen einige Thatsachen anführen, die sich auf den Einfluß der Färbung auf die Phosphoreszenz beziehen.

Man hat bereits gesagt, daß im Allgemeinen die hellen Substanzen nicht so phosphoreszirend seien, wie die farbigen. Der Flußspath und der kohlensaure Kalk liefern zahlreiche Beispiele dafür. Die farblosen Krystalle von phosphorsaurem Kalke werden auf einem Träger erst nach Verlauf von 40 bis 50 Sek. leuchtend, während die grünlichen Krystalle von den nämlichen Substanzen bei der ersten Einwirkung der Wärme leuchtend werden. Daraus kann man schließen, daß die Färbung, wenn auch nicht immer, doch wenigstens in den meisten Fällen zu Erzeugung der Phosphoreszenz unerläßlich sei.

Dessaignes hat den Einfluß der Färbung an einem Stücke kalkartigen Alabaster von $0^{m},002$ Dicke und

der aus drei Arten von Streifen bestand, wovon die einen weiß, die andern gelb und durchsichtig, die dritten eisenoxydhaltig waren, augenscheinlich gemacht. Als er dieses Stück der Sonne ausgesetzt, sodann in die Dunkelheit gebracht hatte, so wurden die gelben Streifen sehr leuchtend, die weißen waren es etwas weniger uud die eisenhaltigen blieben dunkel.

Es ist begreiflich, warum das Dasein einer zu großen Menge Metalloxyd die Phosphoreszenz zu verringern sucht; da sich in diesem Falle das Leitungsvermögen für die Elektricität vermehrt, so muß die Substanz einen Theil der leuchtenden Eigenschaft verlieren und in die Kategorie der stärker oder schwächer leitenden Körper zurücktreten.

Außer der Färbung muß man auch noch bei der Erzeugung der Phosphoreszenz durch Wärme auf drei andere Umstände Rücksicht nehmen:

1) auf den Einfluß des Krystallisationswassers;
2) auf den Einfluß der Beschaffenheit der Oberflächen;
3) auf den Einfluß der Massen.

Einfluß des Krystallisationswassers.

Das Krystallisations- oder Zwischenwasser ist oft eine bestimmende Ursache der Phosphoreszenz; denn gewisse Salze, welche desselben beraubt sind, hören auf einem erhitzten Träger auf zu leuchten. Wir wollen einige Beispiele anführen.

Da die salzigen Lösungen, sie mögen gesättigt sein oder nicht, durch die Wärme nie leuchtend sind, so folgt daraus, daß der flüssige Zustand im Allgemeinen der Phosphoreszenz zuwider ist.

Wenn man zwei Kalciumfluorüre bereitet, welche verschiedene Wassermengen enthalten, so sind diese beiden Salze, nachdem sie gewaschen und getrocknet wurden, nicht in demselben Grade phosphoreszirend; dasjenige welches mehr Wasser enthält, ist es am

meisten. Auf der andern Seite hat man bemerkt, daß eine große Menge Hydrate um so weniger phosphoreszіren, je mehr man es dahin bringt, ihnen eine größere Menge Wasser zu entziehen. Man hat ein Beispiel davon an dem Baryt, Strontian, Kalk, welche so viel als möglich des Wassers beraubt, auf dem heißen Träger einige Schimmer gaben, während sie sehr leuchtend werden, sobald man sie mit einer sehr kleinen Menge Wasser anfeuchtet; wenn man das Wasser über eine gewisse Gränze hinaus vermehrt, so vermindert man das Leuchtvermögen. Es ist möglich, daß dieses Vermögen den Hydraten nur darum inhärirt, weil sie nach und nach ihr Krystallisationswasser verlieren, woraus alsdann Erscheinungen entspringen, welche denjenigen ähnlich sind, die bei der freiwilligen Phosphoreszenz stattfinden, die von einer langsamen Zersetzung herrührt.

Einfluß der Beschaffenheit der Flächen.

Dessaignes hat bemerkt, daß ein heller Flußspathkrystall, welcher nicht phosphoreszirend ist, es wird, wenn man Brüche macht und ihn sodann auf einen Träger legt, der unter der Glühhitze erhitzt wurde; wenn man auf gleiche Weise auf einem Sandsteine zwei entsprechende Flächen eines Würfels von nichtphosphoreszirendem Flußspath abnützt, und diesen Würfel mit seinen abgenützten Flächen auf einen heißen Träger legt, so wird er nach Verlauf von 40 Sekunden auffallend phosporeszirend, während keine Erscheinung stattfindet, wenn man nicht abgenützte Flächen auf den Träger legt.

Wenn man eine Glasplatte von einem halben Millimeter in der Dicke in dem Augenblicke auf eine Eisenplatte legt, wo diese zu glühen aufhört, so bemerkt man einen Anfang von Phosphoreszenz an den ge-

brochenen Rändern, nach und nach nimmt diese sodann zu und verbreitet sich endlich in die ganze Masse.

Der Bergkrystall, der helle Feldspath, der phosphorsaure Kalk und der Smaragd, welche bei keiner Temperatur phosphoreszirend werden, so lange ihre Flächen ihren natürlichen Glanz behalten, werden auf einem weißglühenden Träger leuchtend, sobald ihre Fläche matt gemacht worden ist.

Die Richtung der Spaltungsflächen äußert auf die Erzeugung der Phosphoreszenz einen Einfluß. Wenn man einen prismatischen Krystall von kohlensaurem Kalke mit einer seiner Flächen auf einen heißen Träger legt, so wird er nach Verlauf von 30 Minuten in seiner ganzen Masse leuchtend. Wenn man aber nach dem Erkalten einen Schnitt macht, der parallel mit der Ebene der Lamellen geht und man ihn mit diesem Schnitte auf den Träger legt, so findet keine Lichtstrahlung Statt.

Der Arragonit zeigt noch merkwürdigere Erscheinungen. Da ein sechseckiges Prisma von 48 Millimeter Höhe und 8 Millimeter Dicke mit einer seiner Flächen auf die dunkel glühende Platte gelegt wurde, so nahm es nach Verlauf von 40 bis 50 Minuten in der ganzen Masse eine schöne, gelbe Farbe an. Als Dessaignes den Krystall auf eine seiner Grundflächen stellte, so erhielt er keine Lichtstrahlung, die Zeit der Dauer des Versuchs mag sein, welche sie will. Bei einem sehr kurzen Prisma war das Resultat dasselbe. Die Krystallisation äußert also auf die Phosphoreszenz einen Einfluß, da ja die Phosphoreszenz, wenn die Wärme in einer Richtung fortgeht, die mehr oder weniger senkrecht auf den krystallinischen Platten ist, mehr oder weniger stark wird.

Aehnliche Beobachtungen sind an dem Diamante angestellt worden. Als drei kleine achteckige Diamanten nach einander auf einen heißen Träger gelegt wurden, so zeigten sie keine Spur von Phos-

phoreszenz, während die nämlichen geschnittenen Diamante innerhalb 5 bis 6 Minuten bei dem ersten Eindrucke der Wärme leuchtend wurden. Als Dessaignes diese Erscheinungen untersuchte, so fand er wirklich, daß in diesem Falle die Diamanten ihre Phosphoreszenz nur den Rauhheiten zu verdanken hatten, welche der Schnitt des Steinschneiders auf natürlich gespaltenen Lamellen hervorbrachte. Die nämlichen Beobachtungen sind mit mehr als fünfzig Diamanten angestellt worden.

Diese Aehnlichkeit zwischen dem Vermögen der Spitzen in Anziehung der Elektricität und dem Vermögen, welches die Rauhheiten und die Kanten der Körper in Bewerkstelligung der Phosphoreszenz äußern, gibt eine neue Beziehung zwischen dem elektrischen und phosphorischen Lichte an, eine Beziehung, welche so viele andere Sachen bereits begründen.

Einfluß der Massen.

Wir haben jetzt nur noch den Einfluß der Massen auf das Hervorbringen der Phosphoreszenz zu untersuchen.

Man hat bemerkt, daß ein heller Krystall von isländischem Spathe von einem Millimeter Dicke, der auf die heiße Platte gelegt wurde, in der ganzen Masse leuchtend wurde, während er dunkel blieb, als er in ein Pulver verwandelt wurde. Ein Arragonitkrystall von 4 bis 5 Millimeter Dicke verhält sich nicht auf dieselbe Weise und erlangt auf der Kohle oder auf der Platte einen lebhaften gelben Schein und wird leuchtender, wenn er auf kleine Stücke reducirt ist; sein Licht hat auf der dunkel glühenden Platte nur eine bläulichte Färbung.

Der krystallisirte muschelförmige Feldspath ist auf dem weißglühenden Träger in Masse nicht phosphoreszirend, während sein Pulver sehr leuchtend ist.

Die Diamantspathe, der Spinell, der Smaragd bringen ähnliche Erscheinungen hervor, welche das Umgekehrte von denen sind, die man mit den Krystallen von kohlensaurem Kalke erhält, welche von fremdartigen Stoffen frei sind.

Dies sind die wichtigsten Thatsachen, welche hinreichen, um einen sehr vollständigen Begriff von den unter dem Einflusse der Wärme hervorgebrachten Phosphoreszenzerscheinungen zu geben; um aber die Ursache davon besser einzusehen, muß man sie an die Erscheinungen anreihen, welche durch das Sonnen hervorgebracht werden.

Von der Phosphoreszenz, welche unter dem Einflusse des elektrischen Lichtes hervorgebracht wird.

Bevor wir von der Phosphoreszenz sprechen, welche durch das Sonnen d. h. unter dem Einflusse des Sonnenlichtes hervorgebracht wird, müssen wir nothwendig die kennen lernen, welche aus der Wirkung des elektrischen Lichtes entspringt. Die Phänomene erhalten hier nicht bloß wegen des Glanzes und der Intensität der Erscheinungen, sondern auch wegen der Zusammenstellung, die man mit den Veränderungen, welche in der Constitution der Körper in Folge elektrischer Entladungen bewirkt werden, anstellen kann, eine gewisse Wichtigkeit.

Die leitenden Körper erlangen keine merkliche Phosphoreszenz, wenn sie unter dem Einflusse elektrischer Entladungen stehen, eben so wenn man sie erwärmt.

Um die Körper der Wirkung elektrischer Entladungen auszusetzen, legte man sie ehemals auf das Brettchen des allgemeinen Ausladers, wenn sie in Stücken und überdies in Röhren, wenn sie in Pulver waren, und zwar so, daß die Enden der Conduktoren

zwei bis drei Centimeter davon entfernt waren; man ließ sodann von dem einen zum andern durch diese Körper die Entladung einer elektrischen Batterie von einer gewissen Anzahl von Flaschen gehen. Operirt man auf diese Weise mit einem Stück Kreide, so bemerkt man unmittelbar darauf auf dem Wege, den die Elektricität durchlief, einen mannigfaltig gefärbten Lichtstreifen, der bisweilen eine Minute, und wohl noch länger anhält. Operirt man mit verschiedenen Körpern, so bemerkt man ähnliche Erscheinungen, nur ist die Farbe des Lichts nicht bloß wegen ihrer Natur, sondern auch je nachdem sie in Pulver oder kleinen Stücken sind, bedeutend verschieden. So gibt ein Stück Krystall von schwefelsaurem Baryte ein glänzendes grünes Licht; trockenes essigsaures Kali, der Zucker und die Bernsteinsäure bringen ähnliche, aber andauerndere Erscheinungen hervor; die kalcinirten Austernschalen geben die prismatischen Farben; die Erscheinungen sind schwächer, wenn sie pulverisirt sind, und glänzender und anhaltender, wenn sie mit Schwefel kalcinirt wurden. Der in ein grobes Pulver verwandelte Flußspath strahlt ein grünes Licht aus, das jedesmal wieder erscheint, wenn man ihn der Entladung aussetzt. Der Bergkrystall gibt ein rothes Licht, das nachher weiß wird.

Mit der angewandten Experimentirweise war es unmöglich, zu erfahren, ob die hervorgebrachte Erscheinung von der mechanischen Wirkung des elektrischen Schlages, oder von der Wirkung des Lichtes herrühre. Die Aufgabe wurde erst dann gelöst, als man die Körper in eine gewisse Entfernung von dem Orte brachte, wo die Entladungen bewerkstelligt wurden, damit die Phosphoreszenz nur dem Lichte zugeschrieben werden könne. Damit wollen wir uns sogleich beschäftigen. Die elektrische Entladung hat auch noch die merkwürdige Eigenschaft, denjenigen Körpern die phosphorische Eigenschaft wieder zu

geben, welche sie durch die Wärme verloren haben. Als Beispiel führen wir den stark kalcinirten violetten Flußspath an, welcher dem Sonnenlichte ausgesetzt, keine Phosphoreszenz mehr zeigt, sie aber sogleich wieder zu erkennen gibt, so wie er dem elektrischen Lichte ausgesetzt wird; er strahlt alsdann einen dunkel violetten Schein aus.

Der phosphorsaure Kalk gibt die nämliche Erscheinung, nur ist sein Licht gelb. Diese Substanz ist unter gleichen Umständen in Stücken phosphoreszirender, als in Pulver.

Das elektrische Licht ist überdies im Stande, Körpern Phosphoreszenz zu verleihen, welche sie früher nicht besaßen. Ein Stück von weißem Flußspath, der durch die Wärme keine Spur von Phosphoreszenz zeigte, gab nach 5 bis 6 Entladungen einer Batterie, welche aus mehreren Flaschen bestand, eine Feuerfarbe.

Ein Diamant, auf den man zwölf Ladungen gehen ließ, zeigte eine blaßblaue Farbe, nachdem er erwärmt worden war.

Im Allgemeinen werden die Diamanten nach einigen Entladungen leuchtend, die es vorher nicht waren. Der weiße, in seinem natürlichen Zustande nicht phosphoreszirende Marmor wird es gleichfalls, wenn er der Wirkung von 10 bis 12 Entladungen ausgesetzt wird, und strahlt alsdann eine schwache rothe Farbe aus.

Pearseall hat beobachtet, daß weiße Flüsse, welche eine gelbliche Farbe hatten, nach 6 bis 7 Entladungen im Contakte hier und da eine bläuliche annahmen. Die so hervorgebrachte Phosphoreszenz war um so stärker, je sichtbarer die Färbung war. Diese Beobachtung ist nicht ohne Wichtigkeit, wenn man sie mit derjenigen, welche die phosphorischen Eigenschaften der gefärbten Flüsse, welche durch die Wärme leuchtend sind, und mit der negativen Eigenschaft der weißen Flüsse zusammenstellt. Um die von Pearseall

beobachteten Thatsache recht augenscheinlich zu machen, muß man einige Stücke weißen Flusses in eine Röhre bringen, die an beiden Enden offen ist, und deren beide Endpunkte mit denen eines Ausladers in Verbindung stehen, und 1 bis 2 Centimeter von einander entfernt sind. Man läßt eine Entladung hineingehen. Die unfarbigen Theile sind nicht phosphoreszirend, während die äußerlich gefärbten Theile diese Eigenschaft besitzen. In dem vorliegenden Falle darf man die Färbung der Stücke des weißen Flusses nicht der Wirkung des Lichtes, wohl aber der Entladung, welche als mechanische Kraft wirkt, zuschreiben. Die mineralischen Substanzen, wie die Demantspathe, der Granat, der Amethyst, haben bis jetzt keine Spur von Phosphoreszenz nach dem elektrischen Schlage gezeigt.

Die Lichterscheinungen an den Körpern, welche den elektrischen Schlag erlitten haben, sind sehr merkwürdig; zu diesem Ende muß man mit Flüssen operiren, die vorläufig kalcinirt, sodann elektrisirt wurden; man theilt sie in zwei Theile, der eine wird in eine gläserne Röhre gethan, und sodann den Sonnenstrahlen ausgesetzt, während der andere, in Papier eingewickelt, im Dunkeln bleibt. Die Stücke werden sodann in verschiedenen Zeiträumen erhitzt. Bei einem Versuche hatte ein Theil der Stücke, welche 21 Tage lang dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, seine ganze Posphoreszenz verloren, ein Theil hatte eine merkliche Verringerung in seinen leuchtenden Eigenschaften erlitten, während die im Dunkeln aufbewahrten Stücke die Eigenschaft besaßen, die sie in Folge der Entladung erlangt hatten.

Man hat vorhin gehört, daß die kalcinirten Austernschalen ein lebhaftes Licht ausstrahlen, wenn man sie den elektrischen Ladungen aussetzt; es ist aber leicht zu zeigen, daß das elektrische Licht allein hinreichend sei, sie leuchtend zu machen. Wenn man nämlich

Stücke von diesen Schalen in kleine gläserne, hermetisch verschlossene Röhren thut, und diese selbst in andere weitere Röhren steckt, und eine große Menge elektrischer Entladungen auf die äußere Oberfläche dieser Röhren gehen läßt, so werden die Stücke durchs Erwärmen phosphoreszirend. Um keinen Zweifel über den Einfluß des elektrischen Lichtes in diesem Falle übrig zu lassen, so kann man die Schalen dem Volta'schen Lichte aussetzen, das zwischen zwei Kohlenspitzen hervorgebracht wird, die mit den Enden einer Batterie von 100 Paaren in Verbindung stehen; diese Schalen erlangen, obgleich in einem geringeren Grade, die leuchtende Eigenschaft mitten durch das Glas, wenn man sie nachher erhitzt. Im Allgemeinen sind die Wirkungen des Volta'schen Lichtes nicht so stark, wie die, welche von der gewöhnlichen Elektricität herrühren, welche eine starkere Spannung hat. Wenn wir die Phänomene der Phosphoreszenz durch das Sonnen vorgetragen haben werden, so werden wir zu erklären versuchen, wie die Entladungen in diesem Falle wirken; wir wollen jetzt in der Untersuchung der Lichterscheinungen fortfahren, welche unter dem Einflusse elektrischer Entladungen hervorgebracht werden, um zu sehen, ob sich in dem elektrischen Lichte nicht noch etwas anderes, als das eigentliche Licht befinde, das wirkt, um das Leuchtvermögen zu entwickeln.

Man kann, wie wir bereits gesagt haben, die Phosphore von Bologna und von Canton, welche nichts anderes als erdige Sulfüre sind, vermittelst elektrischer Entladungen zum Leuchten bringen. Die der Leydnerflasche ist schon hinreichend, wenn sich die Substanz in einer hermetisch verschlossenen gläsernen Röhre 3 Centimeter weit unter dem Conduktor befindet. Der Schlag hat hier keinen Einfluß.

Als Seebeck eine phosphorische Substanz in Röhren, die aus gelbem, rothem und dunkelblauem Glase

bestanden, in einer Entfernung von 3 Centimetern über den Kugeln des Conduktors that, so bemerkte er, daß in dem Augenblicke der Entladung einer Leydnerflasche die phosphorische Substanz, die sich in der blauen Röhre befand, Licht ausstrahlte, während die andern in ihrem gewöhnlichen Zustande verblieben. Diese Versuche machen eine wichtige Thatsache augenscheinlich: daß es nämlich gefärbte Substanzen gebe, wovon die einen den Theil des Lichtes durchlassen, welcher die Phosphoreszenz erzeugt, und die andern ihn aufhalten. Daraus muß man schließen, daß es in dem Lichte phosphoreszenzerzeugende Strahlen gebe, wie es chemische und wärmeerregende gibt, die von den Lichtstrahlen verschieden sind. Diese wichtige Thatsache ist durch Versuche, wovon die ersten von uns und die andern gemeinschaftlich mit Biot angestellt wurden, außer Zweifel gesetzt worden.

Wir haben uns anfänglich damit befaßt, zu sehen, wie das elektrische Licht, dessen Wirkungen wegen der Rolle, welche die Entladung spielen kann, complicirt sind, wirke. Nachfolgendes wußte man, bevor wir uns mit dieser Aufgabe beschäftigten. Wenn man einen elektrischen Funken auf die Oberfläche eines nichtleitenden Körpers gehen läßt, so wird sein Weg auf derselben durch einen hellen, leuchtenden Strich bezeichnet, der im Dunkeln lange Zeit sichtbar bleibt. Diese Phosphoreszenz ist, wie man bald sehen wird, derjenigen ganz ähnlich, welche von dem Sonnenlichte und dem zerstreuten Lichte hervorgebracht wird; demungeachtet nimmt mit den folgenden Umständen die Intensität der Phosphoreszenz mit der Stärke der Entladung zu; man erreicht aber bald einen Grad, den man nicht überschreiten darf, wenn man sich nicht der Gefahr aussetzen will, die Substanz auf eine nachtheilige Weise zu verändern. Wenn man eine Glasplatte zwischen den Körper und den Funken stellt, und die Entladung auf der Oberfläche die-

ses letztern herabgleiten läßt, so ist die Phosphoreszenz schwächer.

Um zu erfahren, auf welche Weise das elektrische Licht die Phosphoreszenz hervorbringe, muß man die Körper auf das Brettchen des allgemeinen Ausladers in einer Entfernung von 2 bis 3 Centimetern von den Kugeln bringen, zwischen welchen die Entladung vor sich geht.

Muschelschalen, trockene Kreide, Zucker u. s. w. lassen auf dem ganzen Wege der Elektricität einen Lichtstreifen zurück, dessen mehr oder minder lebhafte Farben schillernd und von kurzer Dauer sind. Farbe, Intensität und Dauer der Erscheinungen sind mit der Natur der Körper verschieden. Es ist leicht zu zeigen, daß das elektrische Licht in Hervorbringung der Phosphoreszenz nicht in Folge des Schlages oder elektrischer Einflüsse, sondern in Folge von Kräften wirke, die der Strahlung eigenthümlich sind. Zu diesem Ende stellt man über den Auslader eine porzellanene Kapsel, die mit frisch kalcinirten Austernschalen angefüllt ist, und läßt in einer Entfernung von 2 Centimetern die Entladung aus 18 Flaschen durchgehen. Die Schalen werden sogleich leuchtend, und das Licht erlischt nach dem Grade ihrer Erregbarkeit mehr oder weniger schnell; in einer Entfernung von 1, von 5, von 20 und von 30 Decimetern zeigt sich die Phosphoreszenz immer, nur nehmen die Erscheinungen mit der Entfernung ab; sie zeigt sich auch noch da, wo die elektrischen Wirkungen durch Vertheilung mit den feinsten Apparaten nicht mehr bestimmbar sind.

Wenn die grünen Flüsse der Wirkung des elektrischen Lichtes unterworfen werden, so verhalten sie sich wie die Muschelschalen, nur in einem weit schwächeren Grade; dies ist aber nicht Alles: wenn man dem Versuche Austernschalen von geringer Erregbarkeit, die sich in einer Entfernung von mehreren De-

cimetern befinden, unterwirft, so ist die bei der ersten Entladung hervorgebrachte Phosphoreszenz gewöhnlich schwach; bei der zweiten ist sie stärker und wenn man mit den Entladungen fortfährt, so wird das Leuchtvermögen so gesteigert, daß es eine beträchtliche Intensität erlangt. Man sieht daraus, daß das direkte, auf Entfernung wirkende elektrische Licht die Partikelchen der Austernschalen immer mehr geschickt macht, phosphoreszirend zu werden. Wir dürfen nicht vergessen, hier anzuführen, daß wir unter denselben Umständen Gelegenheit gehabt haben, zu bemerken, daß der Geruch des Schwefelwasserstoffes, der von der Reaktion des Schwefelkalcium auf das in der Luft enthaltene Wasser herrührte, in dem Verhältnisse merkbarer zu werden schien, als die Zahl der Ladungen zunahm, was zu der Annahme zu berechtigen scheint, daß sein Streben zur Zersetzung in derselben Zeit wächst als sich die leuchtende Fähigkeit entwickelt.

Wir wollen jetzt sehen, ob das elektrische Licht bei seinem Durchgange durch Scheidewände von verschiedenen Substanzen die Eigenschaft verliere oder behalte, eine große Anzahl von Körpern phosphoreszirend zu machen. Die Substanzen, welche wir als Schirme angewandt haben, sind das weiße, das mit Kupferoxydul roth gefärbte, das violette Glas, die verschiedenfarbig gefärbten Gläser, und das durchsichtige Papier. Wir wußten recht gut, daß, abgesehen von dem rothen Glase, die anderen Gläser keine einfache Strahlen durchlassen, aber wir meinten, daß diese Substanzen hinreichend wären, uns ziemlich scharfe Verschiedenheiten in der Wirkungsweise des elektrischen Lichtes zu liefern. Wir geben hier die Versuche, wie wir sie anstellten.

Da die Entfernung zwischen der mit frisch kalcinirten Austernschalen angefüllten Kapsel und den Kugeln des Ausladers immer 2 Centimeter betrug, so

ließen wir zwischen ihnen die Entladung einer Batterie von 18 Flaschen durchgehen; der Versuch wurde in einem dunkeln Zimmer angestellt, wo wir seit einer Viertelstunde waren, damit unsere Netzhaut für schwache Ausstrahlungen empfindlich wäre und wir machten die Augen zu, bis die Entladung vorbei war, damit das Sehorgan nicht von dem Eindruck des elektrischen Lichtes angegriffen würde; die Schalen zeigten sich sogleich stark erleuchtet. Wir fingen den Versuch 10 Min. nachher wieder an und legten auf die Kapsel eine Glasplatte von 3 Millimeter Dicke: die Entladung brachte abermals Phosphoreszenz, aber in einem unendlich geringeren Grade als vor der Dazwischenlegung des Schirms hervor; durch Vergrößerung der Dicke der Platte bis auf 8 Millimeter wurde die Phosphoreszenz noch schwächer, obgleich das Glas vollkommen durchsichtig war. Dieser Versuch, welcher auf 1 und sogar auf 2 Decimeter Weite wiederholt wurde, gab ähnliche Erscheinungen, nur nahm der phosphorische Schein immer ab. Eine Glasplatte von 1 Millimeter, so wie ein Blatt sehr durchsichtigen Papiers von der Dicke eines halben Millimeters gaben gleichfalls nur eine sehr schwache Phosphoreszenz. Dies sind also sehr durchsichtige Körper, welche den größten Theil der Lichtstrahlen durchlassen und eben diesen Strahlen einen bedeutenden Theil der Eigenschaft entziehen, wodurch sie die Körper phosphoreszirend machen.

Eine Platte von rothem Glase in der Dicke von 2 Millimetern, das anstatt des weißen Glases genommen wurde, entzog dem elektrischen Lichte das Leuchtvermögen, während eine Platte von dunkelviolettem Glase von ganz gleicher Dicke sich beinahe wie das weiße Glas verhielt.

Indessen schien uns die Erscheinung in einigen Versuchen stärker. Das blaue Glas brachte eine schwächere Wirkung hervor, als das violette. Die gelben,

die grünen Gläser entzogen dem elektrischen Lichte, das durch sie hindurch ging, das phosphoreszirende Vermögen. Man sieht also, daß das weiße Glas den Lichtstrahlen den größten Theil ihres phosphoreszirenden Vermögens entziehe und daß die Größe dieses Vermögens, welche von den blauen Gläsern entzogen wird, in dem Verhältnisse zunehme, als man blaue, gelbe, orangefarbige und rothe Gläser nimmt, indem die rothen Gläser dieses Vermögen ganz vernichten. Der folgende Versuch bestätigt die Erscheinung, die wir so eben von den Schirmen aus weißem Glase angegeben haben. Wir setzten frisch kalcinirte Austernschalen dem Lichte eines Stück Phosphors aus, der in einer gläsernen Flasche verbrannte, die mit Sauerstoffgas angefüllt wurde; das ausgestrahlte Licht war äußerst lebhaft und doch hatte die entwickelte Phosphoreszenz eine sehr geringe Intensität.

Kurz, man sieht, daß das elektrische Licht, außer den leuchtenden, chemischen und wärmeerregenden Eigenschaften noch ein phosphoreszenzerzeugendes Vermögen besitze, welches demselben fast ganz oder theilweise verschiedene Substanzen entziehen, welche dieses Licht ohne bedeutende Verminderung durchgehen lassen.

Wir wollen jetzt die Untersuchung der Wirkungen des elektrischen Lichtes in Erzeugung der Phosphoreszenz fortsetzen.

Man hat gesehen, daß verschiedene Substanzen, nachdem sie in der Dunkelheit die Phosphorescenz verloren haben, die sie durch das anhaltende Kalciniren dadurch, daß sie dem direkten oder zerstreuten Sonnenlichte ausgesetzt wurden, erhalten hatten, diese Eigenschaft unter dem Einflusse des Lichtes augenblicklich wieder erlangten, das durch eine elektrische Entladung ihnen gegenüber durch die Luft in der Entfernung von mehreren Metern entwickelt wurde, und daß die Zwischenlage eines Schirms von durchsichtigem, einen

Millimeter dickem Glase oder einer Platte von durchscheinendem Papiere diese Erscheinung beträchtlich schwäche. Diese Wirkung rührt also nicht von dem Theile der Lichtstrahlung her, welcher die Empfindung des Lichtes auf der Netzhaut hervorbringt, wohl aber von einem Theile dieser Strahlung, welcher von der vorhergehenden verschieden ist, gerade so wie sich die wärmeerregende Strahlung, die zu gleicher Zeit mit dem Lichte von den glühenden Körpern ausgestrahlt wird, von dieser unterscheidet, wenn sie von den Flächen einer thermo-elektrischen, mit Ruß überzogenen Säule absorbirt wird. Um diesen Unterschied zu begründen, hat man Schirme von verschiedenen Naturen angewandt. Wir führen hier einige von den Versuchen an, die wir angestellt haben, um die phosphoreszenzerzeugenden Strahlen augenscheinlich zu machen.

Austernschalen wurden kalcinirt, sodann einige Zeit lang dem Sonnenlichte ausgesetzt, welches damals sehr schwach war; als sie in die Dunkelheit versetzt wurden, so schienen sie merklich phosphoreszirend zu sein; diese Eigenschaft verschwand aber bald; als das Licht ganz verschwunden war, so vertheilte man die kalcinirte Materie in mehrere Kapseln von Porzellan, welche in mehrere Entfernungen von 2 bis 125 Centimetern von zwei kupfernen Kugeln gestellt wurden, zwischen welchen man die Entladung einer Batterie durchgehen ließ, welche immer nach dem nämlichen Grade des Kugel-Elektroskops geladen war. Gleich bei der ersten Entladung zeigte sich die Phosphoreszenz plötzlich wieder, sie war aber sehr schwach und von kurzer Dauer; bei der zweiten Entladung wurde sie lebhafter und anhaltender und sie nahm auf diese Art in allen Kapseln auf eine progressive Weise bis zur fünften Entladung zu. Der Schimmer zeigte hauptsächlich die rothe, gelbe und grüne Färbung. Man trieb den Versuch nicht weiter.

Nachdem man auf diese Weise dargethan hatte, daß die kalcinirte Materie für den unmittelbaren Einfluß empfänglich sei, so machte man einen vermischten Schirm, der aus einer Glas- und Bergkrystallplatte bestand und folgende Dicken besaß:

Glasplatte . . 3,65 Millim.
Bergkrystall . . 5,953 „

Die beiden Platten wurden an ihrem Rande so aneinander gekittet, daß sich eine von ihren Oberflächen in derselben Ebene befand.

Bei dem vorliegenden Grade der Empfindlichkeit der Probesubstanz sollte nach unseren ersten Versuchen die Dicke des Glases sie fast ganz verwahren. Da aber in Beziehung auf den Krystall, seine Dicke fast noch einmal so groß war, so sollte ihm seine Diathermansie, die weit größer als die des Glases ist, gestatten, trotz seinem Ueberschuß an Dicke eine stärkere Menge der einfallenden Gesammtstrahlung, und Theile einer anderen Natur durchzulassen, ohne irgend eine dem Auge wahrnehmbare Differenz von Durchsichtigkeit zu zeigen. Der vermischte Schirm wurde so auf die Kapsel gestellt, daß die Trennungslinie dieser beiden Theile der Mitte des Zwischenraums zwischen den kupfernen Kugeln entsprach, zwischen welchen der Funken ausfahren sollte.

Als die Entladung bewerkstelligt wurde, so erschien die Phosphoreszenz sogleich lebhaft und glänzend unter der Bergkrystallplatte wieder; sie war aber Null und unwahrnehmbar unter der Glasplatte. Der Riß von dieser war schwarz neben der andern, wie wenn man ihn mit dem Lineale gemacht hätte. Bald darauf wurde die bewirkte Erregung schwach und wenige Augenblicke nachher kehrte Alles in Dunkel zurück. Man wandte nun den Schirm um, wodurch auch die beiden Ebenen umgekehrt wurden, auf welchen sich die beiden Theile entwarfen und fing den Versuch wieder an. Die Erscheinung war nach der Entla-

dung die nämliche. Die kalcinirte Substanz blieb dunkel unter dem Glase, und wurde unter dem Krystalle phosphoreszirend. Später bemerkte man, daß sich die in diesem letzteren Theile bewerkstelligte Erregung gradweise zum andern vor dem Erlöschen fortpflanze.

Man machte nun einen neuen vermischten Schirm, indem man einen Theil derselben Glasplatte, der bloß $3^{11}/_{20}$ Millim. Dicke hatte, mit einer schwefelsauren Kalkplatte verband, die $7^{12}/_{20}$ Millim. dick war. Diese Substanz war wegen ihrer Diathermansie, welche der des Alauns ähnlich ist, gewählt worden; übrigens gab ihre Durchsichtigkeit troß ihrer lamellenartigen Struktur und ihrer Dicke der des Glases in gar nichts nach; sie zeigte sich in Beziehung auf die phosphoreszenzerzeugende Fortpflanzung nicht nur dem Glase, sondern vielleicht sogar dem Bergkrystalle überlegener. Der Riß der krystallisirten Platte zeichnete sich im Licht auf der kalcinirten Materie mit allen Krümmungen ihres Umrisses ab. Die von dem Glase bedeckte Stelle blieb immerfort dunkel. Vielleicht war sie es bloß vergleichungsweise. Als der Versuch mit Umkehrung des vermischten Schirmes wiederholt wurde, so erhielt man das nämliche Resultat.

Man zauderte nun nicht, einen dritten zusammengesetzten Schirm zu machen; bei welchem ein Theil der nämlichen Glasplatte an eine durchsichtige Bergkrystallplatte gekittet war, die senkrecht auf der Achse stand und $41^{5}/_{29}$ Millim. Dicke hatte. Wenn es da irgend einen Vorzug hätte geben können, so wäre er sicher wegen des großen Ueberschusses des Bergkrystalles an Dicke auf Seite des Glases gewesen. Indessen blieb die Richtung der Erscheinungen dieselbe und bloß unter der Krystallplatte zeigte sich die Phosphoreszenz. Eben so verhielt es sich bei einem vierten Versuche, wo der Ort der Umrisse umgekehrt war.

Uebrigens ließ uns nach den Resultaten, die wir mit der Platte von 6 Millimetern erhielten, der Versuch mit dieser keinen Zweifel; denn bei Analysirung der Versuche Melloni's hatten wir gesehen, daß ein strahlender Fluß, der durch 6 Millimeter Bergkrystall geht, der senkrecht auf der Achse ist, in Beziehung auf diese Substanz schon so geläutert ist, daß er sich nachher in derselben bis auf eine Dicke von 86 Millimeter fortpflanzen kann, indem er nur eine äußerst geringe Absorption erleidet. Indessen kann diese Art von Analogie höchstens nur bei einer und derselben Natur des Schirmes und bei einer und derselben strahlenden Quelle stattfinden, die auf eine Materie von gleicher Empfindlichkeit wirkt. Denn bei Melloni's Versuchen beweist die mit Kienruß überzogene Säule bloß das Dasein der Theile der Ausstrahlung, welche auf denselben den wärmeerregenden Eindruck hervorbringen, und wenn es keine wärmeerregenden, obgleich mit verschiedenen Eigenschaften versehene Strahlen gäbe, so wäre es möglich, daß sie für jene Säule unwahrnehmbar wären, und daß sie dasselbe nicht anzeigte.

Um zu erfahren, ob sich die phosphoreszenzerzeugende Strahlung nur in direkter Linie durch die Luft fortpflanze, haben wir die Kapsel, welche die keiner Einwirkung fähige Materie enthielt, mit einem undurchsichtigen Papiere zugedeckt, das ein kleines rundes Loch von ungefähr 1 Millimeter im Durchmesser enthielt, und das wir mit dem Mittelpunkte der Oberfläche der Materie übereinstimmen ließen. Wenn das Papier schnell nach der Entladung hinweggenommen wurde, so ließ es in diesem Mittelpunkte einen ganz kleinen Lichtkreis von sehr lebhaftem Glanze erblicken, während der übrige Theil der Materie dunkel blieb. Aber nach und nach wurde auch dieser aufgeregt und die Phosphoreszenz pflanzte sich endlich auf der ganzen Oberfläche der Materie fort; sodann nahm

die Erscheinung gradweise ab und nach einigen Augenblicken hüllte sich Alles in Dunkel.

Wir haben auch die Fortpflanzung durch ein Blatt äußerst dünnen durchsichtigen Papiers versucht; sie war in demselben schwach, aber wahrnehmbar. Nach Melloni's Versuchen ist die Gallerte, woraus dieses Papier verfertigt wird, eine von den Substanzen, die am wenigsten diatherman sind; sie wird es aber wie jede andere mehr, wenn sie dünner wird.

Und doch kam uns die hier erhaltene Wirkung stärker vor, als wir nach unseren vorhergehenden Versuchen zu erwarten hatten. Unsere Ueberraschung stieg, als wir sahen, daß dieselbe probirte Glasplatte von $3\frac{1}{2}$ Millimeter wirklich wirksam wurde und daß sogar eine andere Platte von 12 Millimeter gleichfalls auffallende Erscheinungen zeigte. Wir begriffen nun, daß die in der Kapsel enthaltene Materie durch die Wiederholung der Erregung, der wir sie aussetzten, eindrucksfähiger geworden war.

Wir fingen also unsere Versuche mit den vorhin angewandten vermischten Schirmen wieder an. In dieser neuen Lage war die Phosphoreszenz unter der Glasplatte sehr sichtbar, sie zeigte sich aber so lebhaft unter der Platte von Bergkrystall und unter der von durchsichtigem schwefelsaurem Kalke, daß der Schimmer unter allen ihren Projektionen, deren Umrisse durch ihren Ueberschuß an Licht vollkommen bestimmt waren, vollständig weiß zu sein schien. Auf diese Weise zeigten die Platten noch ihren vorhin erkannten Ueberschuß an Wirksamkeit, und demnach machten diese neuen Proben die erstern nur gewisser, indem sie zeigten, daß, wenn die Phosphoreszenz nicht gleich anfangs unter der Glasplatte bewerkstelligt worden war, dies von der zu geringen Empfindlichkeit der Substanz, welche die Strahlung erhielt, und nicht davon herrührte, daß die Strahlung nicht zu ihr gelangte. Jetzt erlangte also diese Substanz, welche

eindrucksfähiger geworden war, die phosphorische Eigenschaft durch den Einfluß gewisser Theile der fortgepflanzten Strahlung, welche sie vorher gar nicht, oder wenigstens nicht hinreichend erregte, um eine für unsere Augen wahrnehmbare leuchtende Strahlung hervorzubringen.

Wir untersuchten auch die Fortpflanzung der phosphoreszenzerzeugenden Strahlung durch Platten aus rauchigem Bergkrystalle, und Folgendes war unser Zweck: Melloni hatte bewiesen, daß die wärmeerregenden Strahlungen der Locatellischen Lampe, des weißglühenden Platins oder des auf 400° erhitzten Kupfers sich beinahe eben so gut, und in eben so großer Menge durch den rauchigen Bergkrystall, wie durch den durchsichtigen, der senkrecht mit der Krystallisationsachse geschnitten ist, zu erkennen gaben. Trotz der großen Verschiedenheit der Durchsichtigkeit, welche diese beiden Varietäten dem Auge darbieten, wollten wir sehen, ob sie für die phosphoreszenzerzeugenden Strahlung Bestand haben. Wir haben zuerst eine dieser Platten probirt, welche $21^{15}/_{20}$ Millimeter dick war. Ihre innere Struktur, welche durch die Polarisation untersucht wurde, war sehr regelmäßig; obgleich sie aber sehr durchsichtig war, so löschte sie doch die Lichtstrahlung aus. Wir befestigten sie an eine Glasplatte von $3^{11}/_{20}$ Millim. Dicke, um daraus einen vermischten Schirm zu machen, den wir, wie früher, über eine mit frisch kalcinirten Austernschalen angefüllten Kapsel legten, deren Phosphoreszenz wir durch den direkten Einfluß der elektrischen Strahlung, welche auf Entfernung durch die Luft fortgepflanzt wurde, so eben nachgewiesen hatten. In einem ersten Versuche betrug die Entfernung von der Mitte des Funkens bis zur Oberfläche der wahrnehmbaren Materie, 12 Decimeter. Der ganze Theil dieser Oberfläche, welche unter dem Krystalle lag, war seiner Gestaltung gemäß, sechseckig

erleuchtet. Der unter dem Glase liegende Theil blieb dunkel.

Als der Versuch so wiederholt worden war, daß man die wahrnehmbare Substanz bis auf 7 Centimeter dem Funken näherte, so waren die Erscheinungen gleich, aber stärker unter dem Krystalle, und blieben Null oder unbestimmbar unter dem Glase wie zuvor. Sie wären unfehlbar wahrnehmbar geworden, wenn die nichtkalcinirte Materie mehr erregt worden wäre; es war aber besser, daß sie es weniger war, damit die Ungleichheit des Eindrucks durch die beiden Theile des Schirms augenscheinlicher bliebe.

Wir unterwarfen der nämlichen Probe eine andere Platte von rauchigem, gleichfalls durchsichtigem, aber 90 Millimeter dickem Quarze, dessen Flächen schief auf die Krystallisationsachse waren. Die Erscheinungen waren wahrnehmbar, aber sehr schwach, und ohne Zweifel weit schwächer, als sie es durch eine durchsichtige, auf der Achse perpendikulären Platte gewesen wäre.

Die vorhergehenden Beispiele zwecken also dahin ab, zu beweisen, daß der Theil der elektrischen Strahlung, welcher die Phosphoreszenz erregt, physisch von demjenigen verschieden ist, welcher das Sehen auf der Netzhaut des Menschen erzeugt. Die Versuche, welche mit den durchsichtigen Schirmen bei verschiedenen Empfindlichkeitsgraden der kalcinirten Materie angestellt wurden, beweisen auch, daß ein und derselbe Theil der Gesammtstrahlung nach dem mehr oder minder erregbaren Zustande der Substanz, welche ihn aufnimmt, in Erzeugung der Phosphoreszenz wirksam oder nicht wirksam ist. Endlich haben Melloni's Versuche über die Strahlung, welche von den glühenden Körpern von verschiedener Natur ausgeht, bewiesen, daß der Theil der Strahlung, welcher den wärmerregenden Eindruck hervorbringt, gleichfalls

von demjenigen verschieden ist, welcher in der Netzhaut die Empfindung des Lichtes hervorbringt. Demnach ist es natürlich, auf den Gedanken zu kommen, daß diese bereits beobachteten Theile der Strahlungen oder vielleicht andere, welche sie begleiten, wohl noch andere specifische Eigenschaften haben können, welche von den vorhergehenden verschieden sind, Eigenschaften, welche wir an ihrer besonderen Wirkung erkennen, wenn wir versuchen, sie auf wahrnehmbare Stoffe wirken zu lassen, welche auch geeignet sind, ihre Wirkung durch andere Erscheinungen, als die Empfindung des Sehens auf der Netzhaut des Menschen, oder die Erregung der Phosphoreszenz, oder die Entwicklung der Wärme kund zu geben.

In dem Verlaufe der so eben beschriebenen Versuche haben wir auch als Schirm eine Wasserlamelle angewandt, die in einem Ringe von mattem Glase enthalten war uad der durch dünne Platten von durchsichtigem Bergkrystalle, die senkrecht auf der Achse sind, geschlossen wurde. Die Dicke des Wassers zwischen den Lamellen betrug $3^{10}/_{20}$ Millim. Eine kreisrunde Scheidewand von Papier, die auf die obere Platte gelegt wurde, ließ nur den centralen Theil des Ringes bloß und sicherte die Fortpflanzung durch die Flüssigkeit. Da die von dem elektrischen Funken ausgegangene Strahlung auf diese Weise fortgepflanzt wurde, so zeigte sie sich in Erregung der Phosphoreszenz wirksam, wir haben aber ihr Verhältniß zu den andern Schirmen von gleicher Dicke nicht bestimmt.

Um die so eben beschriebenen Erscheinungen zu bestätigen, muß sich der Beobachter in einer vollkommenen Dunkelheit befinden und wenigstens eine Viertelstunde vorher darin sein, ehe er die Versuche beginnt. Er muß die Augen zu machen, so lange man die Batterie ladet, und, von dem Augenblicke benachrichtigt, in welchem die Entladung vor sich gehen soll, muß er mit einer Hand noch seine Au-

gen zu halten, um sie soviel als möglich dem erzeugten lebhaften Lichte zu entziehen; so wie er die Explosion hört, macht er die Augen auf und nimmt schnell den Schirm hinweg: nun hat er die Zeit und Gelegenheit, welche erforderlich sind, um sich von dem Dasein des phosphorischen Lichtes zu überzeugen und die Einzelnheiten desselben zu untersuchen.

Wir haben jetzt nur noch die Phosphoreszenz zu untersuchen, welche von dem elektrischen Funken hervorgebracht wird, welcher in der Luft bei verschiedenem Drucke ausbricht. Die in dieser Beziehung angestellten Forschungen rühren von Edmund Becquerel her.

Um zu sehen, ob das von den phosphoreszirenden Substanzen ausgestrahlte Licht in dem leeren Raume schneller abnehme als in der Luft, legte dieser junge Physiker kalcinirte Austernschalen in zwei verschiedene Kapseln, und, nachdem er sie dem Tageslichte ausgesetzt hatte, so that er die eine unter den Recipienten einer Luftpumpe, die andere in die freie Luft neben der Glocke. Er sah nicht, daß die Phosphoreszenz der Schalen merklich abnahm und nach Verlauf einer halben Stunde war die Intensität des Lichtes, das von den in den beiden Kapseln enthaltenen Schalen ausgestrahlt wurde, dieselbe, so viel man dies durch eine einfache Vergleichung beurtheilen konnte. Um gewiß zu sein, ob das elektrische Licht eben so wie das Sonnenlicht wirke, um die Körper in dem leeren Raume phosphoreszirend zu machen, stellte er eine Platte schwefelsauren Kalkes so, daß sie genau eine Glocke schloß, deren Luft er verdünnte, nachdem er einige Centimeter unter der Platte eine mit kalcinirten Schalen angefüllte Kapsel hingestellt hatte. Als er nun über dem schwefelsauren Kalke in der Luft einen Funken gehen ließ, der von der Entladung einer Batterie von 18 Flaschen herkam, so wurden die Schalen stark

erleuchtet; als er wieder Luft in die Glocke ließ, so ließ er auf dieselbe Weise eine zweite Entladung vor sich gehen; die Schalen wurden nicht merklich glänzender als das erste Mal. Man hatte den schwefelsauren Kalk angewandt, weil diese Substanz die phosphoreszenzerzeugenden Strahlen des elektrischen Funkens fast ganz durchgehen läßt. Die angewandten Austernschalen waren mit Schwefelkalium kalcinirt worden. Dieser Pyrophor gibt durch das Sonnen und den elektrischen Funken ein außerordentlich lebhaftes gelblich grünes Licht.

In den vorhergehenden Versuchen war der elektrische Funken in der Luft ausgebrochen; wir wollen sehen, welches die Erscheinungen sind, wenn er in dem leeren Raume ausbricht. Nachdem Edmund Becquerel eine mit Austernschalen angefüllte Kapsel unter den Recipienten der Luftpumpe gestellt hatte, so ließ er einige Centimeter von ihrer Oberfläche in die verdünnte Luft die Entladung der Batterie gehen; die Schalen wurden schwach erleuchtet: mehrere Entladungen brachten dasselbe Resultat hervor. Als er ein wenig Luft unter die Glocke brachte, so waren die Erscheinungen stärker und wurden es in einem hohen Grade als alle Luft darin war. Dieser Versuch, welcher mehrere Male mit Schalen oder grünem flußsaurem Kalke angestellt wurde, gab dieselben Resultate. Um dem Einwurfe zuvorzukommen, daß die Schalen wegen der Erregung, die von einer Reihe von Funken hervorgebracht wurde, phosphoreszirender würden, hatte sich E. Becquerel etwas phosphoreszirenden Bologneser Phosphor (kalcinirten, schwefelsauren Baryt) verschafft; indem er ihn unter die Glocke brachte und ihn auf mehrere Centimeter Weite abwechselnd in der Luft bei dem gewöhnlichen Drucke und in verdünnter Luft und in gewissen Zwischenräumen erregte, während die Entladungen der geladenen Flaschen immer 60° des Kugelelektrometers

betrugen, so wurde er erst dann auf eine bestimmbare Weise phosphoreszirend, wenn der Funken durch die Luft ging, während er beinahe dunkel blieb, wenn die Entladung durch die verdünnte Luft schlug.

Um mit ziemlicher Genauigkeit den phosphoreszirenden Schein der Schalen zu vergleichen, wenn der Funken in der Luft bei dem gewöhnlichen Drucke und in der verdünnten oder comprimirten Luft ausbricht, bediente sich E. Becquerel eines Apparates, dessen Beschreibung hier folgt (Fig. 12. Taf. IX.):

AB, CD sind zwei gläserne Ballone mit Löchern, in welche kupferne Stangen ab, cm, nd, ef, hineingehen, die dazu bestimmt sind, die Entladung in ihr Inneres fortzupflanzen. Die beiden Stangen cm, nd stehen unter sich in Verbindung, und ef mit dem Boden, so daß durch die Begründung einer Verbindung mit der Stange ab und dem Inneren der Batterie der Funken zu gleicher Zeit in den beiden Ballonen ausbricht.

ab, welche in eine lederne Büchse hineingeht, kann hineingeschoben oder zurückgezogen werden, bis der Funken, welcher zu gleicher Zeit in den Ballonen ausbricht, die in B und D angebrachten Schalen gleich phosphoreszirend macht. Man bringt sodann eine Luftpumpe an dem Ballone CD an, dessen Luft man verdünnt; indem man nun eine Entladung zwischen den Kupferstangen bewirkt, so sieht man nach dem Funken, daß die in D in der verdünnten Luft befindlichen Schalen bei weitem nicht so leuchtend sind, wie die, welche sich in B in der Luft mit gewöhnlichem Drucke befinden. Woher kann wohl diese Wirkung der Luft rühren? Wir wissen es nicht.

Die elektrischen Entladungen wirken allem Anscheine nach wahrscheinlich nur durch das Licht, das sie begleitet. Dieses Licht stört sehr wahrscheinlich das Gleichgewicht der mit den Partikelchen verbundenen Elektricitäten; diese müssen demnach auf einige Zeit

ihre natürliche Gleichgewichtslage verlieren. Diese beiden Wirkungen können von Lichterscheinungen begleitet sein, wie wir es bewiesen haben. Mit der Erneuerung der Entladungen nimmt diese Lage der Dinge so wie die Intensität der Lichterscheinungen, welche so lange bestehen, als die Molekularbewegung dauert, gleichfalls zu.

Phosphoreszenz durch das Sonnen.

Eine große Anzahl von Körpern besitzt die Eigenschaft, Licht auszustrahlen, nachdem sie eine kurze Zeit dem Sonnen- oder zerstreuten Lichte ausgesetzt waren. Um diese Erscheinungen gehörig zu analysiren, muß sich der Beobachter unausgesetzt im Dunkeln aufhalten und so gestellt sein, daß er nach Belieben die Körper dem Lichte aussetzen und sie wieder zurücknehmen kann. Durch ein schwarzes, auf nachfolgende Weise eingerichtetes Zimmer erreicht man diesen Zweck vollkommen. Dieses Zimmer ist ein hölzernes Schilderhäuschen, das 1 Meter weit, 1,50 Meter lang und 2 Meter hoch ist, Fig. 19. Taf. VII. Ein coulissenartiges Klappfenster, vor welchem sich ein Brettchen befindet, macht es demjenigen, der sich in der Kammer befindet, möglich, dem Lichte die Substanzen auszusetzen, mit welchen er operiren will; nach einer mehr oder minder langen Ausstellung nimmt er sie wieder herein, macht das Fenster zu und beobachtet. Er muß die Augen schließen, so lange das Klappfenster offen bleibt, damit die Netzhaut für das geringste Lichtstrahlen empfindlich bleibe.

Die Wirkungen der Phosphoreszenz durchs Sonnen scheinen sehr wahrscheinlich entweder von einer augenblicklichen Veränderung in dem Gleichgewichte der Moleküle oder von chemischen Reaktionen zwischen diesen Molekülen, wie z. B. die, welche das Licht auf die vegetabilischen Farben und auf gewisse Zu-

sammensetzungen ausübt, oder vielleicht auch von einer Störung in dem Gleichgewichtszustande der imponderabeln Flüssigkeiten abzuhängen, die sich in den intermolekularen Räumen befinden. Die Substanzen, welche die Phosphoreszenz durch das Sonnen im höchsten Grade besitzen, sind die Phosphore von Canton und von Baudouin, d. h. das Schwefelkalcium und der kalcinirte salpetersaure Kalk. Der erste strahlt ein gelbes, der zweite ein weißes Licht aus. Da wir aber ein besonderes Kapitel den künstlichen Phosphoren widmen werden, so wollen wir in Beziehung auf das Sonnen der für die Phosphoreszenz durch die Wärme angenommenen Ordnung folgen.

Abgesehen von den künstlichen Phosphoren, sind die Zusammensetzungen mit Kalkbase im Allgemeinen diejenigen, welche durch Sonnen, so wie durch die Wärme am meisten phosphoreszíren. Placidus Heinrich hat sie folgendermaßen klassifizirt:

1) Flußsaurer Kalk.
2) Kohlensaurer Kalk.
3) Verschiedene Versteinerungen.
4) Schalen der Seethiere.
5) Die Perlen.
6) Phosphorsaurer, arsensaurer Kalk u. s. w.

Die Intensität des Phänomens ist mit der Natur der Säure verschieden. So scheinen die Fluorüre den ersten Rang einzunehmen; sodann kommen die Carbonate u. s. w. Wenn der Flußspath durch keine zu große Temperaturerhöhung nachtheilig verändert ist, so leuchtet er nach einigen Minuten, nachdem man ihn der Sonne ausgesetzt hat. Die Kreide wird durch Sonnen sehr leuchtend; es ist zu glauben, daß Massen von Kalk und Kreide, besonders diejenigen, welche ganze Tage der Einwirkung einer glühenden Sonne ausgesetzt sind, bei Abnahme des Tages einen schwachen phosphorischen Schein weit hin verbreiten kön-

nen. Dürfte man nicht dieser Ursache die Phosphoreszenz einiger Berge zuschreiben, welche Reisende in dem Innern von Afrika beobachtet haben?

Die Verbindungen, worin sich die Phosphorsäure befindet, sind weniger geeignet, die Phosphoreszenz durch Ausstrahlung hervorzubringen, als die andern.

Die Kieselerden scheinen für diese Art von Phosphoreszenz untauglich zu sein, und wenn einige Silikate schwach phosphoreszіren, wie der Lasurstein, der Agat, der Opal, der Chalcedon, so muß man dies Mischungen zuschreiben.

Das Steinsalz und der Salmiak sind sehr leuchtend, so wie die schwefelsaure Magnesia, der Alaun, das natürliche salpetersaure Kali u. s. w.

Die Diamanten sind diejenigen Körper, an welchen man die Phosphoreszenz durch das Sonnen am meisten untersucht hat. Nicht alle besitzen diese Eigenschaft. Die, welche sie besitzen, zeigen sie nach einer kurzen Lichtausstellung. Ein starkes Kalciniren bringt sie darum. Man führt Diamanten an, welche eine Stunde lang phosphoreszirend blieben, nachdem sie einige Sekunden lang dem Lichte ausgesetzt waren. Wir werden später auf die Phosphoreszenz dieser Substanz zurückkommen.

Unter den brennbaren mineralischen Substanzen ist der Bernstein allein phosphoreszirend. Der Schwefel gibt keine Spur von Licht.

Die Zusammensetzungen aus Eisen und Kobalt sind in ihrer Phosphoreszenz durch Sonnen schwächer als die von Blei, Zink und Antimon. Die Blende und das weiße Arsenoxyd sind sehr leuchtend.

Das Pflanzenreich ist sehr arm an phosphoreszirenden Zusammensetzungen; die verschiedenen Theile der Pflanzen geben nur einen schwachen Schein; sie werden es aber mehr durch das Austrocknen. Die Rinde ist es mehr, als das Holz; der Splint ist es sehr gut. Die Hölzer der heißen Länder sind phos-

phoreszirender, als die der gemäßigten Länder. Die alten Zuckerrohre, die Datteln, die innere Substanz der Kokosnuß sind sehr phosphoreszirend.

Die gebleichten Stoffe, welche aus Pflanzenfasern gemacht werden, unterscheiden sich durch eine sehr deutliche Phosphoreszenz von den rohen Stoffen.

Die thierischen Substanzen, welche kohlensauren Kalk enthalten, sind phosphoreszirender, als die, welche Phosphate enthalten, nur muß man sie vorher trocknen. Beispiele liefern die Eierschalen, die Korallen, die Perlen, die Fischgräten, die Zähne, das Elfenbein, das Leder. Bei allen diesen so eben angeführten Körpern ist die Phosphoreszenz der Dauer und der Intensität nach verschieden. Bei den Diamanten und Flüssen dauert sie eine Stunde; bei andern Körpern einige Minuten; wieder bei andern nur einige Sekunden.

Die Dauer und die Lebhaftigkeit des Lichtes sind nicht immer beisammen: der Flußspath und die Stalaktiten sind ein Beispiel davon. Die Farbe, welche von dem Lichte der Fossilien ausgestrahlt wird, ist weiß. Der Diamant scheint bisweilen im Anfang feuerroth. So verhält es sich nicht bei den künstlichen Zubereitungen. Die Sonnenstrahlen wirken kräftiger, als das zerstreute Licht, und dieses mehr, als das, welches ausgestrahlt wird, wenn der Himmel mit Wolken bedeckt ist. Das Kerzenlicht und die künstlichen concentrirten Lichter sind unkräftig oder wirken wenigstens sehr schwach auf den Diamant und den grünen Flußspath, vielleicht wegen ihrer schwachen Intensität.

Die weißen Körper sind leuchtender, als die farbigen Körper derselben Art; diese besser als die braunen und die schwarzen; man muß jedoch den Flußspath und vielleicht den Diamant davon ausnehmen. Von dem Augenblicke an, wo die Phosphoreszenz beginnt, wird sie weder durch den Con-

takt, noch durch die Reibung, noch durch den Druck unterbrochen. Die Wirkung fährt sogar in dem Wasser jedesmal fort, wenn die Körper nicht aufgelöst werden.

Die Wärme erhöht die Intensität und vermindert die Dauer der Phosphoreszenz; das Sinken der Temperatur bringt eine entgegengesetzte Wirkung hervor. Die Mineralien sind in Massen phosphoreszirender, als in Pulver. Das Licht, welches von den Mineralien ausstrahlt, die in das Dunkel gebracht werden, ist immer weiß, der erleuchtende Strahl mag blau, oder von irgend einer andern Farbe sein, wenn er nur phosphoreszenzerzeugende Strahlen enthält. Die phosphoreszirende Wirkung dringt bis auf eine gewisse Tiefe in die Körper ein, wie man sich leicht davon überzeugen kann. Der Glanz schadet der Phosphoreszenz. Ein Marmor ist weit phosphoreszirender auf dem frischen Bruche, als auf einem geschliffenen Theile.

Im Allgemeinen kann man in die nämliche Kategorie als Körper, die durch die Sonne nicht phosphoresziren, alle diejenigen zählen, welche gute Leiter der Elektricität sind. Die schlecht leitenden Körper zeigen große Verschiedenheiten in der Intensität der hervorgebrachten Erscheinungen; was diejenigen anbetrifft, welche mittelmäßige Leiter sind, so hält man sie für sehr phosphoreszirend.

Im Allgemeinen widerstehen die isolirenden Körper lange der Phosphoreszenz; ist sie aber einmal auf denselben entwickelt, so ist die Lichtstrahlung andauernd. Bei den mittelmäßig leitenden Körpern hingegen wird die Ursache, welche das Licht erzeugt, leicht in Erregung gebracht; dieses Vermögen ist aber nur von einer kurzen Dauer. Wer erkennt hier nicht unmittelbare Beziehungen mit den Erscheinungen der Elektricitätsentwicklung bei den gut und schlecht leitenden Körpern?

Es scheint ein Unterschied zwischen den Wärme=

und Lichterscheinungen in Beziehung auf Phosphoreszenzerscheinung stattzufinden; die Körper, welche durch das Sonnen am leuchtendsten sind, schimmern nicht, wenn sie erwärmt werden; so leuchten der kohlensaure Kalk, der schwefelsaure Baryt, der künstliche phosphorsaure Kalk und einige andere Salze vollkommen, nachdem sie der Sonne ausgesetzt wurden, selbst dann, wann sie durch die Einwirkung der Wärme kein Licht mehr, oder nur ein sehr schwaches ausstrahlen.

Von den künstlichen Phosphoren.

Man gab ehemals den Namen Phosphor denjenigen Substanzen, welche im Dunkeln leuchten, nachdem sie eine längere oder kürzere Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt waren.

Der in den frühesten Zeiten bekannte Phosphor ist der Bologneserstein (Schwefelbarium) oder schwefelsaures Barium, das mit einem organischen Stoffe kalcinirt wurde. Um ihn zu bereiten, verwandelt man den schwefelsauren Baryt in ein grobes Pulver und bildet daraus mit dem Weißen von einem Ei dünne Kuchen, die man auf glühende Kohlen im freien Feuer zwei Stunden lang legt. Auf diese Weise erhält man eine gelbliche Zusammensetzung, die wie Schwefelleber riecht. Dieser Phosphor wird in eine gläserne mit Schmirgel verschlossene Flasche gethan; wenn man ihn 10 Sekunden lang dem Sonnenlichte aussetzt, so verbreitet er im Dunkeln ein glühend rothes Licht, wie eine glühende Kohle. Die Lichterscheinung dauert eine Stunde und hört endlich mit einem weißen Lichte auf. Die größte Kälte benimmt ihm nichts von seiner leuchtenden Eigenschaft, die sich gleichfalls in dem leeren Raume und unter Wasser zeigt. Er behält seine Eigenschaft in luftdicht verschlossenen Gefäßen ganze Jahre lang.

Die erdigen Sulfüre haben die nämliche Eigenschaft.

Der Phosphor von Baudouin (kalcinirter salpetersaurer Kalk) ist gleichfalls ein guter Phosphor; er verliert aber an der Luft die Eigenschaft, im Dunkeln zu leuchten.

Die Austernschalen, die kalkartigen Verhärtungen, der schwefelsaure Kalk u. s. w. werden, wenn sie kalcinirt werden, gleichfalls durch das Sonnen phosphoreszirend.

Der Canton'sche Phosphor ist merkwürdiger, als die vorhergehenden. Man bereitet ihn so, daß man pulverisirte Austernschalen bei einer starken Hitze mit einem Theile Schwefel kalcinirt, die Masse in einem Tiegel stark zusammendrückt und die Temperatur eine Stunde lang bis zum Rothglühen steigert, worauf man das Ganze in eine gut verstopfte Flasche thut. Man kann auch die Austernschalen und den Schwefel so kalciniren, daß man sie schichtenweise über einander legt. Statt des Schwefels wendet man auch Schwefelkalium an. Man bereitet ihn auch so, daß man bei einer hohen Temperatur den pulverisirten schwefelsauren Kalk mit Kohle kalcinirt. Wenn dieser Phosphor einige Augenblicke lang dem Lichte ausgesetzt wird, so ist er im Dunkeln stark leuchtend. Der Hombergsche Phosphor ist geschmolzenes Chlorkalcium. Diese Substanz strahlt ein blaßgrünes Licht aus, wenn man sie, nachdem sie dem Sonnenlichte ausgesetzt war, in die Dunkelheit bringt.

Dies sind die vorzüglichsten bekannten künstlichen Phosphore; im Allgemeinen sind aber die kräftigsten diejenigen, welche Kalk und Baryt zur Base haben.

Verschiedene animalische und vegetabilische nicht phosphoreszirende Substanzen werden es, wenn sie einer starken Hitze ausgesetzt werden. Wir führen das Muskelfleisch, getrocknete Sehnen, verbrannte Knochen, Hörner, Kaffeebohnen, Kastanien, Erbsen u. s. w. an. Es wäre möglich, daß verschiedene

Substanzen nur darum phosphoreszirend werden, weil sie des Wassers beraubt werden.

Die Farben, welche die phosphoreszirend gemachten Austernschalen zeigen, sind sehr abwechselnd. Die vorherrschenden Farben sind grün, gelb, orangeroth und bisweilen grünlich blau. Allein kalcinirt zeigen die Schalen nur zwei Farben, die grünliche und die orangerothe. Mit Schwefel kalcinirt nehmen die Schalen gewöhnlich eine gelbliche Farbe an. Eben so verhält es sich mit einer Mischung von Schwefel und Schwefelkalium; mit diesem letztern kalcinirt herrscht die grüne Farbe vor und die Schalen sind sehr phosphoreszirend. Trotz dieser vorherrschenden Farbe gibt es doch bisweilen Stücke, welche die oder die Farbe zeigen; um alsdann die allgemeine Farbe zu erkennen, muß man eine gewisse Menge Schalen pulverisiren, sie dem Sonnenlichte aussetzen und die Farbe des Pulvers betrachten.

Die künstlichen Phosphore werden wegen der Intensität und der Dauer ihrer Lichterscheinungen vorzugsweise vor den andern phosphorischen Substanzen zum Studium der allgemeinen Eigenschaften der Phosphoreszenz angewandt.

Von dem Phosphor-Spektrum.

Da die Sonnenstrahlen, so wie das elektrische Licht die Phosphoreszenz bei einer großen Menge von Körpern hervorbringen, so ist es von Wichtigkeit zu erforschen, in welchen Theilen des Spektrums die thätigen oder phosphoreszenzerzeugenden Strahlen liegen, welche wie die chemischen Strahlen eine Stelle für sich einnehmen müssen. Wir nehmen zu Gegenständen unserer Versuche die beiden Substanzen, welche durch das Sonnen am leuchtendsten werden, nämlich die Phosphore von Bologna und Canton, d. h. die

Barium- und Kalcium Sulfüre. Einige alte Physiker, besonders Beccaria, hatten angezeigt, daß unter allen Strahlen des Spektrums der violette Strahl der tauglichste und der rothe Strahl der am wenigsten taugliche Strahl zu Erregung der Phosphoreszenz ist; aber die Versuche, welche wir in Verbindung mit Biot über die phosphoreszenzerzeugende Wirkung des elektrischen Funkens anstellten, belehrten uns, daß die phosphoreszenzerzeugenden Strahlen von den Lichtstrahlen verschieden seien. E. Becquerel ging von da aus, um die Zusammensetzung des Phosphor-Spektrums zu erforschen und sich zu gleicher Zeit zu versichern, ob durch dieses Spektrum nicht auch, wie bei dem Sonnen-Spektrum schwarze Striche gehen. Diese Forschungen führten ihn auf das wichtige Resultat, daß die Striche dieser beiden Spektren durchgängig die nämlichen sind, wenn man die Theile von gleicher Brechbarkeit in Erwägung zieht. Als er die Versuche anstellte, die ihn auf dieses merkwürdige Resultat leiteten, gelangte er auf die Entdeckung neuer Strahlen, von denen wir sprechen müssen, bevor wir die Striche des phosphoreszenzerzeugenden Strahlens beschreiben, weil wir zu gleicher Zeit die Experimentirweise angeben wollen, welche zu der Entdeckung der Striche angewandt wurde.

Man pulverisirt eines der vorhin beschriebenen Sulfüre, z. B. das Schwefelkalcium; nachdem man sodann ein Schichte arabisches Gummi auf ein Blatt Papier gestrichen hat, das in einem hölzernen Rahmen ausgespannt ist, so bepudert man dasselbe mit dem Pulver von diesem Sulfür; man erhält auf diese Weise nach dem Trocknen eine in allen ihren Theilen gleich phosphoreszirende Fläche. Das so zubereitete Papier wird in den Brennpunkt einer Linse gebracht, welche durch Projektion das Sonnenspektrum gibt. Wenn man die Augen zumacht, während das

Spektrum auf das Schwefelkalcium wirkt, sodann die Oeffnung verschließt, durch welche die Sonnenstrahlen kommen und das Papier betrachtet, so bemerkt man zwei Lichtstreifen $\alpha\beta$, $\gamma\delta$ Fig. 8, Taf. 8, die durch einen nicht sehr hellen Zwischenraum getrennt sind. Der Theil des Spektrums, welcher dem Schwefelkalium die Phosphoreszenz gibt, erstreckt sich also von G nach Z über P hinaus, Fig. 2. Es gibt also zwei Wirkungsmaxima, das eine zwischen G und H, aber näher bei H, und das andere in O. In dem oberen Theile der 13. Figur, welcher die Erscheinung vorstellt, sind die erhellten Theile weiß und die dunklen Theile schwarz. Es gibt also so zu sagen zwei phosphoreszenzerzeugende Spektren. Wenn man die Wirkung einige Zeit, z. B. eine Viertelstunde lang, fortdauern läßt, so macht das zerstreute Licht, welches das Spektrum begleitet, fast überall auf den übrigen Theil der Oberfläche einen Eindruck, so daß, wenn man aufs Neue die Oeffnung des Ladens verschließt, die ganze Fläche beinahe erleuchtet sieht, indem die Theile $\alpha\beta$, $\gamma\delta$ heller, als die andern sind. Was aber bemerkenswerth ist, ist der Umstand, daß der Raum zwischen dem Striche G bis über A hinaus vollständig dunkel ist. Der untere Theil der 8. Fig. stellt die hervorgebrachte Erscheinung vor.

Dieser Versuch scheint in diesem Theile des Spektrums das Dasein von Strahlen anzuzeigen, welche im umgekehrten Sinne von den phosphoreszenzerzeugenden Strahlen wirken, d. h. die Phosphoreszenz vernichten. Man kann auf folgende Art das Dasein dieser Strahlen beweisen. Bevor man die phosphoreszirende Fläche der Einwirkung des Spektrums aussetzt, unterwirft man sie einige Sekunden lang der Wirkung der Sonnenstrahlen oder des zerstreuten Lichtes. Diese Oberfläche wird alsdann leuchtend. Wenn man aber das Spektrum einige Mi-

nuten lang darauf fallen läßt, und die Oberfläche aufs Neue betrachtet, so sieht man, daß sie leuchtend geblieben ist, mit Ausnahme von $\mu\nu$, das vollständig dunkel geworden ist, und der beiden Theile $\alpha\beta$, $\gamma\delta$, deren Intensität zugenommen hat. Dieser Theil $\mu\nu$ enthält also Strahlen, welche im umgekehrten Sinne mit den andern wirken, und demnach die Phosphoreszenz vernichten.

Erhöht man nun die Temperatur des Papierblattes mit einer Weingeistlampe, so erlangen alle vorher glänzenden Theile, eine außerordentlich lebhafte Phosphoreszenz, während der Theil $\mu\nu$ vollkommen dunkel bleibt. Demnach entziehen die so eben erwähnten Strahlen den Molekülen nicht bloß ihre Phosphoreszenz, sondern sie vernichten auch noch vollständig dieses Vermögen, wenn man erwärmt.

Diese Strahlen fangen bei dem Schwefelkalcium in ihrer geringsten Brechbarkeit zwischen G und H, aber näher bei G, an, und erstrecken sich über ν oder über A hinaus; sie können vermittelst der Schirme wahrnehmbar gemacht werden.

Man nehme rothe Gläser, welche nur rothe und orangefarbige, und die sie begleitenden phosphoreszenzerzeugenden Strahlen durchlassen; man sieht, wie man auch erwarten mußte, daß diese Gläser nur die Strahlen durchlassen, welche die Phosphoreszenz vernichten. Wenn man ein wie oben zubereitetes Papier nimmt, dasselbe dem Tageslichte aussetzt, es wieder ins Dunkle bringt, wo es leuchtend ist, und dasselbe mit einer Karte zudeckt, welche nur einen Theil desselben bedeckt, sodann ein rothes Glas darauf legt, und das Ganze der Einwirkung der Sonnenstrahlen eine Minute lang aussetzt; so sieht man, wenn man das Papier im Dunkeln betrachtet, daß

der ganze, gegen die Einwirkung der Strahlen, welche durch das rothe Glas gegangen sind, geschützte Theil noch sehr glänzend ist, während der übrige Theil dunkel geworden ist.

Die Strahlen, welche durch das Rothe gehen, vernichten also die Phosphoreszenz, wie die am wenigsten brechbaren Theile des Spektrums. Man kann nicht sagen, daß es wärmeerregende Strahlen seien, denn diese Strahlen haben vielmehr die Eigenschaft, das Leuchtungsvermögen der Körper zu erhöhen.

Ein mit Schwefelbarium zubereitetes Papier gibt ein Spektrum, bei welchem der Theil $\alpha\beta$, Fig. 9 Taf. VIII., leuchtend ist; es gibt aber nur ein einziges Maximum, das zwischen den Strichen J und M liegt. Die Gränzen des phosphoreszenzerzeugenden Spektrums liegen auf der einen Seite gegen G, auf der andern gegen P hin, Fig. 2.

Indem man wie oben, von dem Versuche auf die Fläche einen Eindruck macht, findet man, daß es gleichfalls, wie bei dem Schwefelkalcium, einen Raum gibt, der von μ bis nach ν, Fig. 9, dunkel wird. In diesem Theile befinden sich die Strahlen, welche die Phosphoreszenz vernichten, und sich fast eben so weit erstrecken, wie die, welche auf das Schwefelkalcium wirken, und ihre Wirkungen sind auf diesen beiden Sulfüren dieselben.

Wir wollen zu den Strichen des phosphoreszenzerzeugenden Spektrums übergehen. Um sie wahrzunehmen, muß man das Spektrum durch Projektion vergrößern. Das in den vorhergehenden Versuchen angewandte, hatte die Größe von denen, die auf der Tafel abgebildet sind. Anstatt das Spektrum durch Projektion in dem Brennpunkte der großen Linse auf einer mit einer phosphoreszirenden Materie überzogenen Fläche aufzufangen, bringt man auf dem Wege der Strahlen eine Linse von höchstens

1 Decimeter Brennweite an, damit die Brennweite der großen Linse zwischen die Brennweite und die Fläche der zweiten falle. Man erhält alsdann auf der andern Seite von dieser ein vergrößertes Spektrum. Wenn man nun mit der zweiten Linse alle Theile des ersten Spektrums überfährt, und sodann mit weißer Pappe den Ort des Bildes sucht, so erhält man ein Spektrum, bei welchem die Striche breit und sehr deutlich sind. Fängt man das Bild auf der mit phosphoreszirenden Stoffen überzogenen Fläche auf, so findet man die nämlichen Striche, wie in dem Lichtspektrum wieder. Will man sie deutlicher wahrnehmen, so läßt man das Spektrum auf die empfindliche Fläche fallen, schließt sodann die Oeffnung des Ladens und erhitzt das Papier auf 2 bis 300°. Die Theile, welche den Eindruck von den phosphoreszenzerzeugenden Strahlen erhalten haben, werden leuchtend, während die den Strichen entsprechenden Theile ganz schwarz bleiben. Diese Striche sind die nämlichen, wie die des Sonnenspektrums, aber in den brechbarsten Strahlen schwächer zu unterscheiden, als in den am wenigsten brechbaren.

Es ist aus den vorhin angeführten Thatsachen erwiesen, daß man mit den Strahlen, welche jenseits der sichtbaren Strahlen liegen, d. h. mit dunkeln Strahlen Licht hervorbringt, während man mit den rothen, orangegelben, gelben, grünen, weißen Lichtstrahlen, dieses Vermögen vernichtet, weil die Körper dunkel werden.

Aus der Uebereinstimmung der Striche in den Sonnen-, phosphoreszenzerzeugenden und sogar chemischen Spektren schließt man, daß die Ursache, welche den Verlust gewisser Strahlen in dem Sonnenlichte veranlaßt, die nämliche ist, welche das Verschwinden dieser Strahlen in dem durch Phosphoreszenz erzeugten Strahlen herbeiführt.

Wir wollen das, was die durch Phosphoreszenz

erzeugten Eigenschaften des Sonnenspektrums betrifft, damit beschließen, daß wir die vorzüglichsten Beobachtungen anführen, die in Beziehung auf die Wirkung der farbigen Strahlen auf den Diamant angestellt wurden.

Als Dufay die Phosphoreszenz des Diamanten mit der des zubereiteten Bolognesersteines verglich, so beobachtete er, daß beide den hellsten Glanz ausstrahlten, wenn man sie eine Zeitlang dem blauen, mit einer Linse concentrirten Lichte aussetzte. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Substanzen ist der, daß der Bologneserstein ein Licht ausstrahlte, welches dem einer glühenden Kohle ähnlich ist, während der Diamant ein ins Gelbe spielendes Licht gab. Er fand, daß diese Substanzen in den rothen oder gelben Strahlen durchaus keine Phosphoreszenz erlangten. Sie glänzten indessen, als man sie der Wirkung der rothen Strahlen aussetzte, die in großer Menge in dem Brennpunkte einer Linse concentrirt wurden. In diesem Falle waren wahrscheinlich die rothen Strahlen nicht einfach. Alle Diamanten, sogar die farbigen, wie die rothen, dunkelgelben, goldgelben blieben dunkel, obgleich sie mehrere Minuten lang dem Brennpunkte der blauen Strahlen ausgesetzt waren. Ohne Zweifel waren diese Diamanten, als sie aus ihrem Gestein herauskamen, phosphoreszirend, und haben diese Eigenschaft durch ihre Lichtaussetzung verloren, so wie diejenige, welche dem elektrischen Lichte unterworfen werden, ihr Leuchtvermögen auf eine unbestimmte Weise behalten, wenn sie im Dunkeln bleiben.

Michael Grosser, welcher Versuche anstellte, die den Dufay'schen ähnlich sind, wurde in Beziehung auf den Einfluß der Strahlen des Spektrums und den der farbigen Gläser auf ähnliche Resultate geführt. Als er aber sehen wollte, ob das Leuchtvermögen von dem Dasein gewisser Salze abhänge, so

stellte er folgende Versuche an. Er warf einen nicht phosphorischen Diamant von 6 Gran in geschmolzenen Borax, leitete eine Viertelstunde lang die Flamme auf den Diamant und hörte erst dann auf zu blasen, als der zum Theile verdunstete Borax ihn nicht mehr bedeckte. Als der Diamant herausgenommen, abgekühlt und in den Brennpunkt der blauen, durch eine Linse concentrirten Strahlen gebracht war, so erzeugte er die glänzendste Phosphoreszenz. Andere, auf dieselbe Weise behandelten Diamanten gaben die nämlichen Resultate. Die Versuche wurden mit nichtgeschnittenen Diamanten angestellt: die Erscheinungen waren dieselben. Man kann nicht ganz genau die Veränderungen angeben, welche während der Behandlung vorgingen, welcher Grosser die Diamanten unterwarf; wahrscheinlich ist es aber, daß die Temperatur ihre Molekularconstitution so modificiren konnte, um sie unter dem Einflusse des Lichtes phosphoreszirend zu machen. Alle diese Beispiele unterstützen die Ansicht, die wir über die Wichtigkeit des Studiums der Phosphoreszenz gegenüber von der Molekularconstitution der Körper ausgesprochen haben.

Von selbst erfolgende Phosphoreszenz.

Nachdem wir, und zwar sehr ausführlich die Erscheinungen der Phosphoreszenz durchgegangen haben, welche in den unorganischen Körpern durch mechanische und chemische Wirkungen, durch die Wärme, das Licht und die elektrischen Entladungen hervorgebracht werden, so wollen wir jetzt diese nämlichen Erscheinungen in den organischen Zusammensetzungen und organisirten Körper entweder in Folge langsamer und von selbst erfolgender Wirkungen oder in Folge des Willens des Thieres untersuchen.

Diese Klasse von Phänomenen ist geeignet, uns

das Dasein der Elektricität in einigen von den vorzüglichsten Lebenserscheinungen zu enthüllen.

In dem Thierreiche wollen wir die Fische und die lebendigen oder todten Seeinfusorien anführen; unter den ersten bemerkt man die Schuppenfische, die Steinmuschel, die phosphorische Meduse, und verschiedene Mollusken. Der Merlan, der Häring, die Makrele.

Die Süßwasserfische werden auch leuchtend, aber nicht so leicht wie die vorhergehenden. Die Seefische brauchen eine Temperatur von 8 bis 10°, eine anhaltende Feuchtigkeit und den Zutritt der Luft. Daraus erhellt, warum die Phosphoreszenz nur oberflächlich ist. Die schleimigen Theile sind am meisten phosphoreszirend.

Das Fleisch einiger vierfüßigen Thiere ist auch bisweilen phosphoreszirend, aber der Fall ist selten.

Unter den Insekten gibt es mehrere, welche diese Eigenschaft besitzen; unter andern die Laternenträger, die Johanniswürmer. Der elektrische Skolopender ist eine Art Krabbe, Namens cancer fulgens.

Man hat beobachtet, daß die Menge Licht, welche von animalischen in Fäulniß gerathenen Substanzen ausstrahlt, mit diesem Zustande nicht im Verhältnisse stehe, und daß vielmehr, je größer die Fäulniß war, die Lichtmenge desto schwächer ist, so daß sich die Phosphoreszenz nur dann zeigt, wenn sich diese Substanzen in einem gewissen Zustande der Zersetzung befinden, welcher der Fäulniß vorangeht. Es möchte scheinen, daß sie sich besonders in dem Kampfe zeigt, welcher zwischen den Kräften der organischen und denen der unorganischen Natur stattfindet, weil sie sogleich aufhört, wenn diese den Sieg davontragen.

Wenn man Häringe nimmt und sie an einem beliebigen, aber kühlen Orte aufhängt, so werden sie ziemlich schnell im Dunkeln leuchtend. Ihre Oberfläche überzieht sich mit einer leuchtenden Materie, die man leicht mit einem Messer wegnimmt. Das Licht nimmt

in dem Verhältnisse ab, als der Häring in Fäulniß geräth und erlischt endlich gänzlich.

Um die Phosphoreszenz der Fische zu beschleunigen, nimmt man ungefähr 12 Gramme Häringfleisch, die man in eine Lösung thut, welche aus 6 Grammen schwefelsaurer Magnesia und 48 Grammen Wasser besteht. Man bringt das Ganze in eine Flasche und überläßt es den von selbst erfolgenden Wirkungen. Am zweiten Tage sieht man ganz deutlich einen leuchtenden Ring auf der Oberfläche der Flüssigkeit, während der untere Theil dunkel bleibt. Rührt man die Flasche um, so wird das Ganze leuchtend und bleibt in diesem Zustande. Am dritten Tage sammelt sich das Licht aufs Neue auf der Oberfläche, aber der leuchtende Ring erscheint minder lebhaft; schüttelt man die Flasche, so wird das Ganze abermals leuchtend. Mit einer Kochsalzlösung erhält man die nämlichen Erscheinungen.

Die Milch des Härings, die Makrele und ihre Milch erzeugen auch Phosphoreszenz. Man hat bemerkt, daß die Milch von diesen zwei Fischen mehr Licht ausstrahle, als der Fisch selbst; dieses Licht erreicht sein Maximum an Intensität gegen die dritte oder die vierte Nacht.

Hume, welcher viele Versuche über die von selbst erfolgende Phosphoreszenz anstellte, hat nachgeforscht, welches die Substanzen seien, welche die leuchtende Materie auslöschen; er hat gefunden, daß das Kalkwasser, das mit Kohlensäure versehene Wasser, das Schwefelwasserstoffgas diese Erscheinung hervorbringen. Es gibt dagegen Substanzen, welche die Eigenschaft besitzen, leuchtend zu werden, wenn man sie mit der Materie vermischt, welche von einem in der Lösung von schwefelsaurer Magnesia zubereiteten Häringe genommen ist, dahin gehören die Lösungen von kohlensaurem Natron, von weinsteinsaurem Kali, von phosphorsaurem Natron, von salpetersaurem Kali, der

Honig, der gelöste Zucker. Wenn das von selbst erfolgende Licht erloschen ist, so kann man es leicht wieder hervorbringen: man nimmt zu dem Ende eine Lösung von 21 Grammen schwefelsaurer Magnesia in 24 Grammen Wasser, in welchem die leuchtende Materie des Fisches erloschen ist; man thut das Sechsfache des Volumens Wasser hinzu und die Flüssigkeit wird vollkommen phosphoreszirend; sie behält dieses Vermögen 48 Stunden lang. Man kann den Versuch auf eine umgekehrte Weise wiederholen, d. h. eine leuchtende Lösung dadurch auslöschen, daß man schwefelsaure Magnesia daran thut. Dieser Versuch beweist, daß die Phosphoreszenz von einer Molekularanordnung abhänge und daß man eine phosphorische Auflösung eine gewisse Zahl mal auslöschen und wieder beleben könne. In einer Reihe von Versuchen hat Hume hintereinander zehn Auslöschungen erhalten. Die Lösungen, die mit Kochsalz angestellt werden, gewähren die nämlichen Erscheinungen.

Das von selbst erfolgende Licht wird durch die Bewegung lebhafter gemacht. Diese Thatsache stimmt mit unserer Ansicht von der Erzeugung der Phosphoreszenz überein; sie ist von keiner Wärmeentwicklung begleitet, welche der Thermometer bestimmen kann.

Leuchtende Häringe, welche in eine erkältende Mischung, die aus Schnee und Kochsalz besteht, gelegt werden, erlöschen nach und nach. Bei einem Versuche war nach Verlauf von anderthalb Stunden das Licht gänzlich erloschen und die Fische gefroren; als man sie in kaltes Wasser brachte, um sie aufzuthauen, wurden sie wieder leuchtend. Das Sinken der Temperatur löscht gleichfalls die Phosphoreszenz des Holzes in einem gewissen Zustand seiner Zersetzung, so wie die des Leuchtwurms aus.

Wenn man vor einen Wärmepunkt einen Theil eines leuchtenden Härings legt und ihn nur kurze Zeit

daselbst läßt, aber doch so, daß er stark erhitzt wird und ihn ins Dunkle bringt, so findet man, daß die Seite, welche dem Feuer ausgesetzt war, dunkel geworden ist, während die andere leuchtend bleibt.

Das kochende Wasser löscht auch die Phosphoreszenz aus. So verhält es sich aber nicht mit dem schwach leuchtenden Holze, wenn man es in laues Wasser thut; seine Phosphoreszenz nimmt zu und es leuchtet endlich auf eine merkwürdige Weise. Erhöht man die Temperatur bis zur Siedhitze, so erlischt die Phosphoreszenz und verschwindet endlich.

Wenn man den Boden einer Röhre, in welcher sich eine an dem obern Theile phosphoreszirende Flüssigkeit befindet, die seit einiger Zeit in Ruhe war, erwärmt, so steigt die leuchtende Materie in Fäden bis auf den Boden hinab und erlischt stufenweise, nachdem sie die ganze Flüssigkeit erleuchtet hat. Damit diese Erscheinung bewerkstelligt werde, muß die erleuchtende Materie durch die Wirkung der Wärme Dichtheit erlangen. Dieser Versuch gelingt recht gut, wenn man mit Lösungen von schwefelsaurer Magnesia, Natron, Kochsalz, Salmiak operirt; wendet man die beiden ersten an, so ist das passendste Verhältniß 1 Theil Salz und 8 Theile Wasser.

Wenn man die leuchtende Materie mit Lab vermischt, das einige Zeit lang aufbewahrt wurde und durch die Fäulniß schwarz geworden war, so erlischt das Licht nach und nach. Vermischt man die leuchtende Flüssigkeit mit Blutwasser in seiner Zersetzung, so wird die leuchtende Materie in Kügelchen ausgeschieden und hängt sich an die Wand des Gefäßes an. Wenn der Urin alt ist, so löscht er den leuchtenden Stoff sehr schnell aus. Eben so verhält es sich mit der Galle und der geronnenen Milch, während die Milch leuchtend wird. Dies sind die allgemeinen Erscheinungen in Beziehung auf die von selbst erfolgende Phosphoreszenz.

Von der Phosphoreszenz der Leuchtkäfer.

Das von diesem Insekte ausgestrahlte Licht fängt nach mehreren Physikern und vorzüglich nach Macaire, zwischen 7 und 8 Uhr Abends in den warmen Monaten des Jahres und gewöhnlich bei dem Untergange der Sonne an, sichtbar zu werden; es wird vermittelst einer Vorrichtung, die sich im Unterleibe befindet, hervorgebracht. Man bemerkt auch wirklich an der inneren Oberfläche der drei letzten Ringe eine weißlich gelbe, halb durchsichtige Materie, die, unter dem Mikroskope betrachtet, eine Organisation von Fäserchen zeigt, die aus zahlreichen Verästungen bestehen, und welche eine lebhafte Phosphoreszenz ausstrahlt. Man hat bemerkt, daß der Wille des Thieres auf eine besondere Weise auf die Erscheinung influirt, weil ein Geräusch oder eine Bewewegung hinreichend sind, um dasselbe zu bestimmen, sein Leuchtvermögen zu schwächen.

Die Leuchtkäfer, welche nach Macaire in einer Schachtel gegen das Sonnenlicht geschützt aufbewahrt werden, werden nicht leuchtend, wenn man die Schachtel bei Nacht öffnet. Der Einfluß des Sonnenlichtes ist demnach zu Erzeugung der Erscheinung unerläßlich, wofern nicht das Thier, das in seinen Gewohnheiten beengt ist, nicht mehr geschickt ist, leuchtend zu werden. Da sein Wille dieses Vermögen beherrscht, so ist es gewiß, daß die Wirkung der Nerven einen großen Antheil daran hat.

Wenn man einen lebendigen nichtleuchtenden Leuchtkäfer im Wasser erwärmt, dessen Temperatur 14°C. beträgt, so bewegt sich das Thier bei der ersten Empfindung der Wärme außerordentlich stark; bei 27° fängt das Licht an zu erscheinen; sein Glanz ist am lebhaftesten bei 41°. Bald darauf stirbt das Thier, ohne daß deßwegen der Glanz verschwindet, denn er dauert bis zu 57° fort. Wird der Leucht-

käfer in Wasser von 45 oder 50° geworfen, so stirbt er sogleich und erlangt eine lebhafte Phosphoreszenz. Eben so verhält es sich auch mit den todten aber nicht vertrockneten Leuchtkäfern, wenn sie jedoch nicht einer Temperatur von 55 bis 60° ausgesetzt worden sind.

Als ein todter Leuchtkäfer in 48 Gramme Wasser bei einer Temperatur von 14° in eine Flasche mit weiter Oeffnung gelegt wurde, die man sodann in kochendes Wasser stellte, so nahm das Licht des Leuchtkäfers an Intensität zu und wurde lebhafter.

Die Phosphoreszenz nimmt mit der Kälte ab und hört auf, wenn die Temperatur unter 12° ist. Setzt man das Thier der Wirkung der Wärme aus, so erlangt es seine leuchtende Eigenschaft wieder. Diese Eigenschaft findet sich gleichfalls in den unorganischen Körpern wieder, die mit Phosphoreszenz begabt sind.

Wenn man einem Leuchtkäfer den Kopf hinwegnimmt, so wird das Licht nach und nach schwächer, und erlischt sodann, um nachher wieder, aber mit schwächerem Glanze als zuvor, zu erscheinen; durch Vermehrung der Wirkung der Wärme leuchtet es mehr.

In dem leeren Raume scheint das Thier einige Zeit lang todt zu sein. Wenn man es alsdann bis auf 50° erwärmt, so erscheint das Licht nicht, während es, wenn es vorläufig in einer Röhre voll Luft erwärmt wird, ein lebhaftes Licht ausstrahlt; sobald als man Luft zuläßt, so erlangt der Körper des Thieres seine Dimensionen wieder und es zeigt sich ein lebhaftes Licht. In dem Sauerstoffgase findet auch Ausstrahlung eines lebhaften Lichtes Statt, welches mehr Glanz verbreitet als das, welches man in der Luft in dem Augenblicke erhält, wo man die Temperatur erhöht. Das Kohlenoxydgas bringt beinahe dieselben Erscheinungen hervor. In dem Was-

serstoffgase stirbt ein leuchtender Käfer bald und das Licht erscheint nicht mehr, selbst wenn man die Wärme zu Hülfe nimmt; eine gleiche Erscheinung findet in dem kohlensauren, schwefligen, und Schwefelwasserstoffgase Statt.

Aufeinanderfolgende elektrische Entladungen beleben die Phosphoreszenz nicht wieder, wenn sie einmal verloren ist. So verhält es sich aber nicht mit der Volta'schen Elektricität. Wenn das lebende aber nicht leuchtende Thier in die Volta'sche Kette gebracht wird, so wird es darin etwas leuchtend; man erhöht die Wirkung auch noch dadurch, daß man es mit Wasser befeuchtet, um seinen Körper zu einem besseren Leiter zu machen. Wenn man den Kopf des Thieres hinwegnimmt und einen der leitenden Drähte der Säule bis in die Nähe der drei Ringe bringt und die andere in einen solchen Theil, daß der Strom durch den Körper geht, so zeigt sich die Phosphoreszenz auf die lebhafteste Weise, besonders wenn der Strom durch den unteren Theil des Bauches geht, wo sich das leuchtende Organ befindet. In dem leeren Raume zeigt sich keine Erscheinung.

Wird die Materie allein dem Versuche unterworfen, so nimmt sie an Glanz bis auf ungefähr 41° zu; darauf nimmt sie ab, wird röthlich und hört bei 52° gänzlich auf. Sie verhält sich im Allgemeinen in den Gasen wie der Leuchtkäfer. Alles trägt dazu bei, die diesen Insekten eigenthümliche Lichterscheinungen in die Klasse der von selbst erfolgenden Phosphoreszenz zu versetzen. Man sieht also, daß in dem Leuchtkäfer und wahrscheinlich in den leuchtenden Thieren die Phosphoreszenz das Resultat einer chemischen Wirkung ist, welche der Wille des Thieres beherrscht, weil es das Vermögen besitzt, sie unmerklich bis zum gänzlichen Verschwinden zu verringern. Wir wollen jetzt zu der Phosphoreszenz der Infusorien übergehen.

Ehrenberg, welcher das Licht untersuchte, das die Infusorien und die Ringelwürmer ausstrahlten, welche in gewissen Gegenden das Meer leuchtend machen, besonders wenn eine schwache Brise seine Oberfläche bewegt, brachte auf den Objektsträger seines Mikroskopes Wasser, welches diese Thierchen enthielt; er war sehr erstaunt, zu sehen, daß der zerstreute Schimmer, der sie umgab, nichts anders als die Vereinigung einer Menge kleiner Funken war, welche von allen Punkten ihrer Körper und besonders von dem Körper der Ringelwürmer ausgingen. Diese Funken folgten mit einer solchen Schnelligkeit aufeinander, sie hatten eine solche Aehnlichkeit mit denen, welche man bei den elektrischen Entladungen beobachtet, daß Ehrenberg keinen Anstand nahm, ihre Identität zu begründen. Er hat sich versichert, daß das hervorgebrachte Licht nicht von einer besondern Ausscheidung, wohl aber von einem freiwilligen Akte des Thieres herrühre und daß es sich eben so oft zeige, als man es durch mechanische oder chemische Mittel reize, indem man das Wasser bewegte oder Säure in dasselbe schüttete. Dies hat überdies eine Aehnlichkeit mit dem Krampffische, der nur dann den Schlag gibt, wenn man ihn reizt. Eben so wie bei dem Krampffische fängt bei diesen Thierchen die Entladung nach einer gewissen Zeit von Ruhe wieder an. Darf man aus dieser Aehnlichkeit von Wirkungen unter gleichen Umständen nicht auf eine Identität in den Ursachen den Schluß machen? Es ist noch zu bemerken, daß die Lichterscheinungen um so stärker sind, je kleiner die Thierchen sind. Es möchte scheinen, daß diese Verschwendung von elektrischer Flüssigkeit, welche von den Thieren der niederern Klassen ausgestrahlt wird, dazu bestimmt sei, andere Verrichtungen in den Wesen einer höheren Ordnung zu erfüllen.

Es folgen hier noch einige Beobachtungen über

die Phosphoreszenz der organischen Substanzen. In dem Pflanzenreiche wollen wir in erster Reihe unter den Körpern, welche von selbst phosphoreszieren, das Holz in einem gewissen Zustande von Zersetzung und verschiedene Blumen anführen. Boyle hatte schon im Jahre 1668 bemerkt, daß der Schimmer des phosphorischen Holzes in dem Verhältnisse verschwand, als man in einem Recipienten, unter den man es that, einen leeren Raum erzeugte; als er wieder Luft hineinließ, so erhielt das Holz sein Leuchtvermögen wieder. Die zusammengedrückte Luft modificirt das ausgestrahlte Licht in gar nichts, das zu seiner Erzeugung bloß das Dasein des Sauerstoffes nöthig hat; da aber die Verbrennung sehr langsam vor sich geht, so äußert eine größere Menge Sauerstoff auf die Intensität der Lichterscheinungen keinen Einfluß.

Nach Dessaignes werden alle Holzarten, von welcher Natur sie auch sein mögen, phosphoreszirend, wenn sie nur von Wasser durchdrungen, einer Temperatur von 8 bis 12 Gr. ausgesetzt und mit der Luft in Berührung sind, und das Holz sich in einem besondern Zustande von Zersetzung befindet; wenn die Phosphoreszenz aufhört, so hat das Holz seine Biegsamkeit, sein starkes Gewebe und einen großen Theil seines Gewichtes verloren. Der Holzstoff ist unversehrt, obgleich ohne Cohäsionskraft.

Wenn man leuchtendes Holz in ein mit Quecksilber angefülltes Gefäß verschließt, so erhält man Kohlensäure, was beweist, daß eine langsame Verbrennung und demnach eine Elektricitätsentwicklung, die mit Lichtausstrahlung begleitet ist, stattfindet, weil das Holz ein schlechter Leiter ist.

Bis jetzt hat man nur sehr wenige Forschungen über die Phosphoreszenz der Vegetabilien angestellt: wir wollen einige besondere Thatsachen angeben, um die Nothwendigkeit fühlbar zu machen, die Beobachtungen zu vervielfältigen.

Linné hatte schon einen Byssus phosphorescens beschrieben, von dem mehrere Botaniker sagen, daß er sehr phosphoreszirend sei. Delille, der sich mit den Lichterscheinungen dieses Byssus und einiger andern Pilze abgegeben hat, bemerkte auch noch diese Erscheinung an dem Pilze des Oelbaums in den Umgebungen von Montpellier; er bemerkte, daß die Schlauchschichte oder die untere blätterige Fläche der einzige leuchtende Theil sei; und da diese Fläche gegen die Erde gekehrt ist, so kann nur der Wiederschein des Lichtes die Erscheinung bei Nacht wahrnehmen lassen. Wenn dieser Schwamm zu wachsen anfängt, so ist er mehrere Nächte hindurch phosphoreszirend, selbst wenn er keinen Theil mehr von dem Baume ausmacht, auf welchem er gewöhnlich wächst. Er fängt ein wenig vor der Nacht zu leuchten an, und hört nach Aufgang der Sonne auf. Bei Tag zeigt er nie ein Licht, der Ort, in den man ihn bringt, mag auch noch so dunkel sein. Aus dieser Beobachtung scheint hervorzugehen, daß der ununterbrochene Einfluß des Lichtes, wie bei dem Leuchtkäfer eine unerläßliche Bedingung zu Hervorbringung des Phänomens ist.

Verschiedene Blumen, wie die Kapuziner-, die Ringelblume, sollen Lichterscheinungen durch Funkeln in den Nächten der schönsten Sommertage zeigen. Diese Art von Phosphoreszenz ist derjenigen ähnlich, welche von Ehrenberg in den Ringelwürmern beobachtet wurde.

Da wir bis jetzt noch sehr wenige Kenntnisse über die Dazwischenkunft der Imponderabilien in der Constitution der organisirten Körper haben, so ist es uns unmöglich, eine vollkommen befriedigende Erklärung der Thatsachen zu geben, die wir also bloß erwähnen wollen.

Phosphoreszenz des Meeres.

Das Leuchten des Meeres ist seit einer unfürdenklichen Zeit beobachtet worden. In gewissen Gegenden ist diese Erscheinung so glänzend, daß sogar Personen, welche sich für Naturerscheinungen durchaus nicht interessiren, über die magische Erscheinung erstaunt sind, die es bisweilen hervorbringt.

In allen Seestrichen, besonders aber unter der heißen Zone, sieht man von dem Sinken des Tages an mitten aus den Wassern ein mehr oder minder lebhaftes, phosphorisches Licht heraussprühen, das entweder von Thierchen, oder von organischen Stoffen herrührt, die in diesen Wassern schweben und dem Schleime ähnlich sind, der aus den Seefischen durchsickert, bei welchen sich die Phosphoreszenz offenbart. Dieses Licht zeigt sich an den Kämmen der Wellen, welche um das Steuerruder des Schiffes über sich selbst zusammenstürzen, an den Wellen, welche das Vordertheil durchschneidet, und an den Fluten, die sich an den Klippen und Felsen brechen, kurz, überall, wo das Meerwasser einen Stoß erleidet. Die Erscheinung ist oft so merkwürdig, daß ein Schiff, das von einem starken Winde getrieben wird, einen Lichtstreifen hinter sich läßt, der sich unmerklich verwischt.

Es gibt in dem Meere eine Menge Thierchen, welche Phosphoreszenz besitzen und deren Ueberreste dazu beitragen, das Meer leuchtend zu machen.

Die Beobachtung von Quoy und Gaimard beweist wirklich, daß die Ueberreste der organischen Körper eine von den Ursachen der Phosphoreszenz des Meeres sind. Als sie an der kleinen Insel Rawak ankerten, welche unter dem Aequator liegt, so sahen sie eines Abends auf dem Wasser Linien von einer blendenden Weiße; als sie dieselbe mit ihrem Nachen durchschnitten, wollten sie einen Theil davon auffangen; sie fanden aber nur eine Flüssigkeit, deren Schim-

mer unter ihren Fingern kurze Zeit nachher verschwand. In einer stillen Nacht sahen sie in der Nähe des Schiffes viele ähnliche, weiße und fixe Gürtel. Als sie dieselben sorgfältig untersucht hatten, so fanden sie, daß sie von Zoophyten herrühren, die außerordentlich klein sind und welche in sich einen Stoff zur Phosphoreszenz enthielten, der so fein und einer solchen Expansion fähig ist, daß sie, indem sie mit Schnelligkeit und im Zickzack schwammen, auf dem Meere Lichtstreifen zurückließen, von denen wir so eben gesprochen haben. Sie setzten die Sache dadurch außer Zweifel, daß sie in eine mit Wasser angefüllte Flasche zwei dieser Thierchen thaten, welche unmittelbar darauf das ganze Wasser leuchtend machten. Sie wiesen überdies nach, daß die Wärme eine von den wirkenden Ursachen des Leuchtvermögens dieser Zoophyten sei.

Die Beobachtungen, welche wir mit Breschet in den Wassern der Brenta anstellten, bestätigen die vorhergehenden und bewiesen, daß das Leuchten des Meeres von einem organischen Stoffe herrühren könne, der mit dem Wasser innig verbunden oder vermischt und demjenigen ähnlich ist, welcher den Häring und andere Seefische überzieht, wenn sie phosphorisch sind. Die Wasser dieses Flusses haben einige Meilen von Venedig die Eigenschaft, bei großer Hitze, wenn sie durch den geringsten Stoß erschüttert werden, stark leuchtend zu werden. Diese Erscheinung kann, ohne Uebertreibung, mit der verglichen werden, welche in einer angezündeten Bowle Punsch hervorgebracht wird, die man mit einem Löffel umrührt; der leichteste Körper, den man in das Wasser wirft, ist schon hinreichend, den Schein hervorzubringen, und zwar nicht bloß an dem getroffenen Punkte, sondern auch in allen Wellen, welche von der Erschütterung der Flüssigkeit herrühren; so daß man in einer sehr großen Dunkelheit alle diese glänzenden Wellen sehr weit

verfolgen kann. Es ist außer allem Zweifel, daß diese glänzende Erscheinung von der Erschütterung des Wassers herrühre, mögen auch die fremdartigen Körper, die es aufgelöst oder schwebend in sich enthält, sein welche sie wollen. Nun kann nur eine innig mit demselben verbundene oder vermischte Materie eine ähnliche Erscheinung hervorbringen, weil alle Theile des Wassers das Leuchtvermögen besitzen. Wir machen auch darauf aufmerksam, daß dieses Vermögen in dem Verhältnisse abnimmt, als man sich dem Arme des Meeres nähert, welcher Venedig von der Mündung der Brenta trennt; es tritt ein Punkt ein, wo es nicht mehr wahrnehmbar ist; es ist nun erlaubt, zu glauben, daß die organischen Stoffe, die sich in dem stehenden Wasser des Flusses befinden, und die in einem besondern Zustande der Zersetzung in Folge der Tageshitze sind, da sie mit dem Wasser auf das Innigste verbunden oder vermischt sind, in Folge des dem Wasser mitgetheilten Stoßes eine Molekularerschütterung erleiden, welche hinreicht, dieses leuchtend zu machen.

Ein Beweis, daß sich diese organische Stoffe in einem gewissen, der Fäulniß vorangehenden Zustande der Zersetzung befinden, liegt darin, daß das Wasser seine leuchtenden Eigenschaften verliert, wenn man dasselbe einige Stunden lang in Gefäße einschließt.

Schlüsse.

Wir glauben, die hauptsächlichsten Beobachtungen, welche bis jetzt über die Phosphoreszenz angestellt worden waren, angeführt zu haben. Sie sind mit der größtmöglichsten Ordnung klassifizirt worden, um die Verbindung zu zeigen, welche zwischen den hauptsächlichsten Erscheinungen, welche die eigentliche Phosphoreszenz begründen, stattfindet. Man hat gesehen, daß diese Erscheinungen durch das Reiben, den Stoß,

die mechanischen Wirkungen im Allgemeinen, das Licht, die Wärme, die elektrischen Entladungen, die lebhaften und langsamen chemischen Wirkungen und den Akt des Willens bei den Thieren der niederern Klassen, welche diese Fähigkeit oft in einem hohen Grade besitzen, während die höheren Klassen derselben beraubt sind, hervorgebracht werden. Die Phosphoreszenz scheint sich also jedesmal zu zeigen, wenn die Partikelchen der Körper ihre natürliche Gleichgewichtslage aus irgend einer Ursache verlieren.

Da nun unter denselben Umständen das Gleichgewicht der Elektricitäten, welche mit den Partikelchen der Körper verbunden sind, gleifalls gestört wird, so muß ihre Wiedervereinigung, wenn sie zu ihrer Bewerkstelligung eine längere oder kurzere Zeit braucht, Licht hervorbringen; da nun die sehr gut leitenden Körper eine unmittelbare Wiedervereinigung hervorbringen, so können die Lichterscheinungen nicht sichtbar sein; daher findet man auch, daß die leitenden Körper nicht phosphoreszirend sind.

Man kann sich jetzt fragen, wie es zugehe, daß das Licht eine solche Erscheinung hervorbringe; die Antwort ist leicht. Das Licht kann, indem es auf die mit den Partikelchen verbundenen Elektricitäten wirkt, ihre Gleichgewichtslage sehr leicht stören; aus dieser Verrückung entspringt eine Störung in der Anordnung der Partikelchen, so daß, wenn man dem elektrischen Lichte nichtphosphoreszirende Flußkrystalle aussetzt, diese sich durch die Wärme färben und leuchtend werden. Man findet auf einigen lebhaftere veilchenartige Färbungen an den Rändern; auf andere stärkere blaue Farben an den Winkeln der Bruchstücke und an den Körperwinkeln der Spalten, wo die Farben ungleich vertheilt sind. Die Theile des Flusses, welche von Natur aus die farbigsten sind, sind auch die, welche, nachdem sie durch die Einwirkung der Wärme gebleicht worden sind und

alle ihre leuchtenden Eigenschaften verloren haben, durch die Elektricität, wenigstens theilweise die ihnen eigenthümlichen Farben, so wie das sie begleitende Leuchtvermögen am schnellsten wieder erlangen. Man kann also vermittelst des elektrischen, im Contakte wirkenden Lichtes die Aggregationsweise der Partikelchen so modificiren, daß die Körper phosphoreszirend werden? Demnach kann das Licht, da es nicht wahrscheinlich ist, daß es unmittelbar auf die Partikelchen wirkt, nur durch seine Wirkung auf die mit ihnen verknüpfte Elektricität die neue Molekularanordnung herbeiführen. Uebrigens wollen wir noch als einen Beweis von dem Einflusse des Lichtes auf die Molekularanordnung der Körper die folgenden Beispiele anführen. Die Naturforscher führen eine große Menge von Substanzen und besonders von Flußspath- und von phosphorsauren Kalkvarietäten an, welche eine Zeitlang nach ihrem Hervorkommen aus dem Schooße der Erde das Leuchtvermögen besaßen und dasselbe sodann gradweise verloren. Es ist höchst wahrscheinlich, daß der Verlust dieser Eigenschaft einer Veränderung in der Gruppirung der Partikelchen zugeschrieben werden müsse, welche durch die wiederholte Einwirkung des Sonnenlichts oder vielleicht durch Veränderungen in der Temperatur hervorgebracht wurde. Da man aber ähnliche Erscheinungen mit Flüssen erhält, die, nachdem sie der Einwirkung des elektrischen Lichtes ausgesetzt waren, im Dunkeln aufbewahrt, sodann dem Tageslichte ausgesetzt wurden, so ist in diesem Falle die Ursache der Molekularveränderung nicht zweifelhaft. Diese Meinung wird von Thatsachen unterstützt, die dergestalt gehörig nachgewiesen sind, daß man sie nicht in Zweifel ziehen kann. Man sieht also, daß die Phosphoreszenzerscheinungen dazu dienen können, die Bande fester zu knüpfen, welche zwischen allen Imponderabilien bestehen, die sehr wahrscheinlich aus einer

einzigen, eben und derselben mannigfaltig modificirten Ursache fließen.

Fünftes Kapitel.

Von dem Lichte der Gestirne im Allgemeinen und von dem meteorischen Lichte.

Außer den Lichtern, deren Ursprung wir so eben kennen gelernt haben, haben wir noch von dem reflektirten, gebrochenen oder polarisirten Sonnenlichte, von dem Sternenlichte, von den elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre, von andern Lichtern endlich zu sprechen, deren Ursache unbekannt ist. Wir müssen die Zusammensetzung dieser verschiedenen Lichter analysiren, um zu erkunden, welches wohl ihr Ursprung sein könne. Erst später werden wir von der Lichtspieglung, von dem Regenbogen, von den Höfen, von den Nebensonnen, von den Nebensonnenkreisen sprechen, um uns für jetzt nur an das Sonnenlicht, an das Licht der einfachen und doppelten Sterne, der Kometen und der Sternschnuppen, an das Licht der Aerolithen, in dem Augenblicke, wo sie zerplatzen und an die Nordlichter halten.

Die Sterne, welche Myriadenweise in den Himmelsräumen verbreitet sind, sind eben so viele Sonnen, welche wegen ihrer unendlich großen Entfernung von der Erde uns nur als leuchtende Punkte erscheinen, die einen eben so mannigfaltigen als blendenden Glanz besitzen.

Wir beurtheilen die Erscheinungen des von den Sternen ausgestrahlten Lichtes nur dann, wenn es durch die Räume des Himmels und durch unsere Atmosphäre gegangen ist, und nachdem es demnach Modifikationen erlitten hat, welche ihm einen Theil seiner ursprünglichen Eigenschaften entziehen. Wir

kennen die Natur der imponderablen oder anderer Agentien nicht, welche diese Räume erfüllen und diese Modifikationen herbeiführen; aber so verhält es sich nicht in Beziehung auf die Atmosphäre, die man für eine Luftmasse hält, welche um die Erde eine ganz gleichförmige Schichte bildet, die hier und da von Wolken durchzogen wird und beständig Verrückungen erleidet, welche alle Theile derselben unter einander bringen und zu eben so vielen Ursachen werden, die einen Einfluß auf einige von den, das Licht begleitenden Strahlungen ausüben.

Die, die Atmosphäre ausmachende Luftmasse hat eine Dichtheit, die in dem Verhältnisse abnimmt, als man sich über die Erde erhebt; das Gesetz dieser Abnahme ist so schnell, daß sich bei einer nicht sehr beträchtlichen Entfernung von ihrer Oberfläche, nur noch kaum merkliche Spuren vorfinden, woraus man aber nicht auf eine absolute Weise schließen kann, daß die Atmosphäre begränzt sei.

Wenn man die Erscheinungen des Lichtes untersuchen will, das von den Gestirnen zu uns kommt, so muß man nothwendiger Weise auf die Wirkung Rücksicht nehmen, welche die Luftschichten von verschiedener Dichtheit ausüben, durch welche die Lichtstrahlen gehen, woraus die Erscheinung der Brechung entsteht, vermöge welcher die Gegenstände nicht an ihrer eigentlichen Stelle, sondern höher über dem Horizonte erblickt werden.

Diese Brechung ist im Zenith Null, während sie auf eine merkliche Weise von Zenith gegen den Horizont nach der Tangente der scheinbaren Winkeldistanz des Gestirns zunimmt, wofern jedoch diese Distanz nicht viel von der mittleren Zenithal-Distanz abweicht; denn wenn man sich dem Horizonte nähert, so ist dieses Gesetz complicirter. Daraus folgt, daß uns die Brechung das Licht der Sonne, eines Sternes zeigt, bevor das Gestirn in dem Horizonte ist; die

Sonne erleuchtet uns noch unter dem Aussehen eines zerstreuten Lichtes bei dem Neigen des Tages, wenn sie schon unter dem Horizonte ist. Wenn man noch die Reflexion des Lichts durch die Moleküle der Luft, durch die der Dämpfe und aller Körperchen, welche unaufhörlich in derselben schwimmen und die Erscheinungen der Polarisation, welche in allen diesen Brechungen und Reflexionen stattfinden, hinzuthut, so hat man alle Ursachen, die zu Erzeugung des Dämmerlichtes beitragen.

Außer den Erscheinungen, von denen so eben gesprochen wurde, übt die Atmosphäre auch auf das Sonnenlicht ein zerstreuendes Vermögen aus, wovon die Hauptursache die Ungleichheit der Temperatur der verschiedenen Schichten ist, welche von ihrer Verschiedenheit in der Dichtheit herrührt, je nachdem die Sonne einen Einfluß auf dieselben ausübt oder nicht, was eine beständige Vermischung dieser Schichten und der in ihnen enthaltenen Körperchen zur Folge hat. Die astronomische Brechung bringt noch andere physische Erscheinungen hervor, mit denen wir uns hier nicht abzugeben haben. Wir wollen aber wieder zu den Lichterscheinungen zurückkehren und um das, was die Sonne angeht, zu beendigen, die Conjekturen angeben, welche über ihre chemische Beschaffenheit aufgestellt wurden. Zu Führern bei diesen Conjekturen hat man die Flecken, die man auf ihrer Oberfläche bemerkt. Diese Flecken, welche man mit dem Teleskope durch gefärbte Gläser beobachtet, um die Netzhaut nicht anzustrengen, erweitern oder verengen sich von einem Tage zum andern, und verschwinden bisweilen gänzlich, um an andern Theilen wieder zum Vorschein zu kommen. Diese Lage der Dinge zeigt nothwendig eine außerordentliche Beweglichkeit in dem Fluidum an, das die Sonne umgibt und das man für ihre Atmosphäre hält. Diese Flecken, welche aus einer heftigen Bewegung eines

gasartigen Fluidums herrühren, nehmen bisweilen Räume von 16000 französischen Meilen im Durchmesser ein. Die leuchtenden Theile dieser Atmosphäre haben auch keinen ganz gleichförmigen Glanz, weil sie mit einer Menge kleiner dunkler Punkte versehen sind, die beständig ihre Gestalt und Lage, wie die Flecken selbst verändern.

Diese Thatsachen machen uns geneigt, zu glauben, daß es um die Sonne herum ein leuchtendes Fluidum gebe, das sich mit einer durchsichtigen aber nicht leuchtenden Atmosphäre beständig vermengt ohne sich jedoch mit derselben zu vermischen, so daß sie Arten von Wolken bildet. Man beobachtet ferner auf der Oberfläche der Sonne, breite Räume, die mit glänzenden Strichen bedeckt sind, welche man Fackeln nennt und die man für den Kamm unermeßlicher Wogen der Lichtmaterie ansieht, welche beständig einer heftigen Bewegung unterworfen ist.

Um die Natur der Flecken zu erklären, nehmen die Astronomen ziemlich allgemein an, daß sie Theile von der Masse der Sonne selbst seien, die sie für einen festen und dunkeln, in eine Lichtatmosphäre gehüllten Körper halten, die sich hier und da während der Stürme, die sie in Bewegung setzen, so öffnen, daß sie an gewissen Theilen den Kern erblicken lassen. Herschel spricht sich in dieser Beziehung folgendermaßen aus.

„Er setzt voraus, daß die Lichtschichten der Atmosphäre weit über dem festen Kerne von einem elastischen, durchsichtigen Medium gestützt werden, das an seiner oberen Oberfläche eine wolkige Schichte hat, welche lebhaft von oben erleuchtet uns eine große Lichtmenge reflektirt und einen Halbschatten hervorbringt, während der feste Kern, welcher den Schatten von den Wolken erhält, nicht reflektirt. Ueberdies werden die von Zeit zu Zeit erfolgenden Zerreißungen der beiden Schichten, besonders aber der oberen,

von mächtigen atmosphärischen Strömungen oder lokalen Bewegungen hervorgebracht."

Dies sind die ziemlich allgemein angenommenen theoretischen Ansichten über die in der Sonnenatmosphäre bewirkten Veränderungen. In Beziehung auf den Einfluß dieser Atmosphäre auf das Sonnenlicht, wollen wir noch ein paar Worte anführen. Bouguet's Versuche zwecken dahin ab, zu beweisen, daß das Licht der Sonnenscheibe gegen ihre Ränder nicht so intensiv sei, als in ihrem Mittelpunkte, z. B. in einer Entfernung, die dem Viertel des Halbmessers gleich ist. Nach ihm ist die Intensität des Lichtes in dem Verhältnisse von 35 zu 48 kleiner, als im Mittelpunkte. Laplace fand, daß sich diese Differenz durch die Annahme einer Atmosphäre um die Sonne herum erklären lasse, und daß, wenn diese Atmosphäre nicht vorhanden wäre, die Sonne uns zwölfmal leuchtender vorkommen würde, als sie wirklich ist.

Eine andere Frage, welche die vorhergehende begleiten mußte, betrifft die eigenthümliche Temperatur der Oberfläche der Sonne im Vergleiche mit den Temperaturen, welche von unseren künstlichen Quellen hervorgebracht werden. W. Herschel nimmt an, daß sie weit höher ist als die, welche wir erzeugen können. Er stützt seine Ansicht auf folgende Betrachtungen:

Da die Intensität des Lichtes in dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abnimmt, so steht die Sonnenwärme, die auf einer gegebenen Fläche in der Entfernung aufgefangen wird, in welcher sich die Erde befindet, zu der Wärme, welche die nämliche Fläche auffangen würde, wenn sie auf die sichtbare Oberfläche der Sonne gelegt würde, in dem nämlichen Verhältnisse, wie der von der scheinbaren Scheibe dieses Gestirns auf der Himmelskugel eingenommene Raum zu der ganzen Halbkugel, d. h. in dem Verhältnisse von 1 zu 300000. Mit Hülfe einer weniger intensiven Wärme, wie die,

welche man durch die *Concentrirung der Sonnenstrahlen in dem Brennpunkte einer Linse erhalten* hat, bringt man es nach seiner *Ansicht dahin, die* strengflüssigsten Metalle, z. B. das *Platin zu ver*flüchtigen.

Eine andere Betrachtung unterstützt diese Voraussetzung. Die lebhaftesten Flammen und die festen Körper im Zustande des heftigsten Glühens scheinen nur schwarze Flecken auf der Sonne zu sein, wenn man sie zwischen ihre Scheibe und das Auge hält. Das auffallendste Beispiel ist das mit einer glühenden Kalkkugel, welche in die Flamme der Lampe mit einem Strome von Wasserstoff und Sauerstoff gehalten wird, und deren Glanz das Auge nicht lange aushalten kann, und doch scheint das ausgestrahlte Licht, obgleich es das Sonnenlicht vollkommen nachahmt, düster, wenn man es mit diesem vergleicht. Die Erscheinungen, welche aus der Vergleichung eines äußerst lebhaften Lichtes entspringen, das einem andern weit weniger lebhaften gegenüber gestellt wird, und das nach seiner Intensität düster oder dunkel zu sein scheint, berechtigen, zu glauben, daß es gar wohl möglich wäre, daß sich der Körper der Sonne selbst, der uns dunkel vorkommt, indem wir jedoch für die Flecken den Ursprung annehmen, den wir ihnen geben, in einem Zustande eines sehr intensiven Glühens befinde; denn er würde im Gegensatze in Beziehung auf die ihn umgebende glanzvolle Atmosphäre dunkel erscheinen.

Selbst dann, wenn sich die Sachen so verhielten, wie wir so eben gesagt haben (denn wir dürfen es nicht aus dem Auge verlieren, daß wir uns auf dem Gebiete der Conjekturen befinden), so bliebe immer noch der Ursprung der Licht- und Wärmematerie zu erklären übrig, welche einer von den Theilen der Sonnenatmosphäre ist. Wenn wir nach dem urtheilen, was vor unseren Augen vorgeht, so sehen wir

nur drei Ursachen, auf welche man ihr Entstehen zurückführen könnte: das Verbrennen, die Reibung und die Elektricität. Wenn keine von diesen drei Ursachen zu Hülfe genommen werden darf, so müßte man das Dasein einer flüssigen Materie annehmen, die gasartig, leuchtend und erwärmend zu gleicher Zeit ist, wovon wir aber kein Beispiel haben, weil die bisher beobachteten phosphorischen Stoffe im Allgemeinen keine eigene Temperaturen besitzen. Der Gedanke an Verbrennung wird durch den Grund beseitigt, daß die Sonnenmasse auch nicht die geringste Veränderung erlitten hat, seitdem man sie mit einer gewissen Genauigkeit beobachtet. Man kann nicht wissen, welche Rolle die Reibung in Erzeugung der Licht- und Wärmeerscheinungen spielen würde. In Beziehung auf die Elektricität, beweisen uns zahlreiche Thatsachen, daß dieses Agens, wenn es in Bewegung ist, die größten Wärme- und Lichterscheinungen hervorbringt, wofern nur diese Bewegung in einem Medium vor sich geht, worin sich ponderable Materie befindet. Wenn diese die Ursache des Sonnenlichtes wäre, so müßte man annehmen, daß elektrische Ströme ohne Unterbrechung in der Atmosphäre der Sonne circuliren. Nichts widerspricht einer solchen Voraussetzung, wenn man weiß, daß sich überall, wo Materie ist, Elektricität vorfindet, welche jedesmal in Bewegung gesetzt wird, wenn das Molekulargleichgewicht unterbrochen wird; es könnten gar wohl in der Sonnenatmosphäre uns unbekannte Mittel existiren, durch welche elektrische Strömungen hervorgebracht werden. Wir haben die annehmbarsten Conjekturen angeführt, die bis jetzt aufgestellt wurden, um auf die Ursache des Sonnenlichtes zu kommen. Gehen wir jetzt zu dem Lichte der Planeten über, und fangen mit dem des Mondes an.

Das Licht, das von diesem Planeten zu uns kommt, ist reflektirt, wie dies die Polarisatioserschei-

nungen und seine physische Beschaffenheit anzeigen. Man erkennt auch mit Hülfe des Teleskops, daß die Oberfläche des Mondes von Bergen und Thälern durchfurcht ist; die erstern werfen Schatten, deren Länge sich genau auf die Neigung der Sonnenstrahlen an den Oertern bezieht, wo diese Unebenheiten bemerkt werden. Es ist dadurch bewiesen, daß das Licht des Mondes nur ein erborgtes Licht ist, ein Licht, das er von der Sonne erhält, und das er uns reflektirt. Auf der andern Seite hat er keine Atmosphäre, und demnach keine leuchtenden Wolken; denn wenn dem so wäre, so würde man es bei den Deckungen der Sterne und bei den Sonnenfinsternissen bemerken. Demnach muß der Mond von einer stärkeren Hitze, als die am Mittage unserer Aequatorialgegenden ist, und welche fünfzehn Tage lang andauert, rasch in eine größere Kälte von gleicher Dauer übergehen. Wir wollen jetzt das Licht der andern Planeten untersuchen.

Wenn man das Licht der Venus untersucht, so ist man über den großen Glanz des erleuchteten Theiles dieses Planeten betroffen, welcher einen Lichtflimmer hervorbringt, der Störung in die Beobachtungen bringt. Dieser Planet hat, wie der Saturn, selten permanente Flecken, welche nach Herschel die Folge von Atmosphären sind, in denen sich unfehlbar Wolken befinden, deren Bestimmung es ist, den Glanz der Sonne, von welcher sie das Licht erhalten, zu mildern.

Mars hat ein anderes Aussehen: man sieht auf ihm Umrisse, welche man für die Gränzen der Continente und der Meere hält. Die Continente, oder vielmehr die Theile, welche man dafür hält, strahlen ein Licht von rother Farbe aus, welche ein unterscheidendes Merkmal des immer röthlichen Lichtes dieses Planeten ist. Man hat angenommen, daß diese Farbe von der ockerartigen Beschaffenheit des

Bodens herrühre; der Theil, den man mit Meeren verglichen hat, strahlt dagegen ein grünliches Licht aus. Kurz, aus den beiden farbigen Lichtern, dem rothen und dem grünen, die von diesem Planeten zu uns kommen, hat man geschlossen, daß die Flächen, welche sie reflektiren, von verschiedener Natur seien. Diese Natur aber angeben wollen, hieße sich in zu gewagte Conjekturen einlassen.

Jupiter, der prächtigste unter den Planeten wegen seines Volumens, das beinahe 1300mal größer, als das der Erde ist, wegen seiner Trabanten und seines Glanzes, zeigt uns seine Scheibe, als sei sie in einer gewissen Richtung von dunkeln Streifen oder Gürteln durchschnitten, die der Lage und der Größe, aber nicht der Richtung nach veränderlich sind. Die Astronomen sind geneigt, anzunehmen, daß diese Streifen in der Atmosphäre des Planeten liegen, und daß sie durchsichtigern Schnitten dieser Atmosphäre entsprechen, welche von Strömen gebildet werden, welche unsern Passatwinden ähnlich, aber weit heftiger und auffallender sind.

Saturn ist gleichfalls mit dunkeln Streifen bedeckt, die bis auf einen gewissen Punkt denen des Jupiters ähnlich, aber breiter und nicht so deutlich sind. Dies sind die Verschiedenheiten, welche mehrere von den Planeten in den Erscheinungen des Lichtes zeigen, das sie von der Sonne erhalten.

Von dem Lichte der Kometen.

Bevor wir das Sonnensystem verlassen, müssen wir von den Kometen in Beziehung auf ihre Lichterscheinung sprechen. Die meisten dieser Sterne bestehen aus einer breiten und glänzenden, schlecht begränzten Lichtmasse, welche einen Kopf und einen Schweif zeigt. An dem Kopfe befindet sich gewöhnlich ein Mittelpunkt oder Kern, der weit glänzender

und einem Sterne oder *Planeten ähnlich ist.* Wenn man von dem Kopfe, und in einer Richtung ausgeht, welche der Richtung der Sonne entgegen gesetzt ist, so divergiren zwei Lichtstreifen, welche immer weiter auseinander gehen. Diese beiden Streifen vereinigen sich bisweilen in einer kleinen Entfernung vom Kopfe; sie haben im Allgemeinen das Aussehen glänzender Meteore oder Raketen, sind aber von keinen Funken oder wahrnehmbaren inneren oder oberflächlichen Bewegungen begleitet. Dies ist der Schweif eines Kometen. Dieser Schweif ist nicht immer einfach: es gibt Kometen, welche zwei, andere, welche drei haben; der im Jahre 1744 hatte sechs, andere endlich haben gar keinen. Sie erlangen bisweilen eine dem Anscheine nach unermeßliche Länge. Oft sind sie in der Gegend, welche sie verlassen, gekrümmt, wie wenn der Schweif eine etwas langsamere Bewegung hätte, als sein Kopf, und Widerstand in seinem Laufe empfände.

Man hält die Kometen für einen großen Haufen feiner Dünste, die sich von den Sonnenstrahlen durchdringen lassen, und dieselben nach allen Richtungen hin reflektiren können. In einigen hat man eine Art von äußerst kleinem Sterne entdeckt, der das Dasein eines festen Körpers oder Kerns verrieth.

Man schreibt mit Recht die große Entwicklung der Kometenatmosphären dem sehr schwachen Widerstande zu, welchen die von einer so kleinen Masse ausgeübte Attraktion der Elasticität der gasartigen Theile entgegenstellt.

Wir haben vorhin gesagt, daß der Schweif der Kometen bisweilen beträchtliche Längen habe. Newton hat wirklich gefunden, daß der Schweif des großen Kometen vom Jahre 1680 nach seinem Wege in das Perihelium wenigstens 20 Millionen französischer Meilen in der Länge betrug und daß er nur zwei Tage brauchte, um aus dem Körper des Ko-

meten auszuströmen. Welche Wurfkraft, deren Sitz in der Sonne sein mußte, wenn man dies nach der Richtung des Schweifes selbst beurtheilt, der in seiner größten Länge 41 Millionen Meilen betrug. Der vom Jahre 1843 hatte 61 Millionen Meilen Länge und 1 Million Meilen Breite. Man verwundert sich mit Recht, daß eine so leichte, gasartige und leuchtende Materie, die auf so unermeßliche Weiten verbreitet wurde, von der Anziehung des schwachen Körpers des Kometen zurückgehalten werden könne und vermöge welcher jene Materie bei ihrer Entfernung vom Kerne so dünn wird. Man wirft sich seit langer Zeit die Frage auf, ob die Kometen von sich selbst leuchtend seien oder ob sie, wie die Planeten bloß die Sonnenstrahlen reflektiren. Diese Frage geht die Astronomie und die angewandte Physik wegen der Principien, welche die erstere bei der zweiten zu Lösung derselben entlehnen kann, gleich stark an. Verschiedene Hypothesen sind aufgestellt worden, um auf den Ursprung des, die Kometen begleitenden Lichtes zu kommen. Wir wollen sie hier nicht erörtern und bloß die Beobachtungen anführen, welche angestellt wurden, um zu erfahren, ob dieses Licht direkt oder reflektirt sei, indem man sich der Eigenschaften des polarisirten Lichtes bediente, wie dies Arago that, um diese Frage zu lösen.

Man weiß, daß, wenn das Licht auf Flächen von beliebiger Natur unter gewissen Winkeln reflektirt wird, dasselbe Eigenschaften erlangt, die es von dem direkten Lichte unterscheiden. Man hat nun in dem Lichte des Kometenschweifes Spuren von polarisirtem Lichte gefunden, was zu erkennen gibt, daß es reflektirt und nicht direkt ist.

Arago stellte seine Beobachtungen über das Licht des Halley'schen Kometen an, der im Jahre 1835 erschien. Da die Nebel dieses Sterns schnell unerwartete und wunderliche Umwandlungen erlitten hat-

ten, so war es ihm nicht möglich, ein Verfahren anzuwenden, mit dem wir uns hier nicht abzugeben haben und welches zum Zwecke hatte, die Intensität dieses Lichtes vermittelst photometrischer Beobachtungen zu bestimmen. Er nahm demnach zu den Eigenschaften des polarisirten Lichtes seine Zuflucht, wodurch er fand, daß das Licht des Kometen, wenigstens im Ganzen, nicht aus Strahlen bestehe, welche die dem direkten Lichte gehörigen Eigenschaften besitzen, und daß sich demnach unter denselben reflektirtes oder schon polarisirtes, d. h. von der Sonne kommendes Licht befinde.

Von dem Lichte der Sterne.

Als leuchtende Körper, als Lichtquellen betrachtet, die von der Sonne unabhängig sind, weil sie von sich selbst leuchten, müssen die Sterne unsere Aufmerksamkeit fesseln. Sie befinden sich von uns in einer ungeheuren Ferne, die nicht unter 6720000000000 französischen Meilen ist. Da nun die Geschwindigkeit des Lichtes 70000 solcher Meilen auf die Sekunde beträgt, so braucht das Sternenlicht mehr als 96000000 Sek., um zu uns zu gelangen, d. h. mehr als drei Jahre. Was die teleskopischen Sterne anbetrifft, deren Menge unzählbar ist, so meinen die Astronomen, daß es einige darunter gebe, deren Licht wegen ihrer Entfernung mehr als 1000 Jahre brauche, um zu uns zu gelangen.

Die Ursache ihres Lichtes ist unbekannt; wir wissen bloß, daß die Sterne eben so viele Sonnen bilden. Um sie zu erkennen, und das Studium derselben zu erleichtern, so klassifizirt man sie nach ihrem scheinbaren Glanze, und der Rang, den man ihnen auf diese Art anweist, dient dazu, sie unter dem Namen erster, zweiter Größe zu bezeichnen.

Die glänzendsten Sterne heißen Sterne der er-

sten Größe; welche es etwas weniger sind, der zweiten Größe u. s. w. bis zu den Sternen der sechsten oder siebenten Größe, welche die kleinsten sind, die man mit bloßem Auge wahrnehmen kann. Mit Hülfe des Teleskops treibt man die Klassifizirung der Sterne bis zur 16ten Größe. Es findet keine Demarkationslinie zwischen einem Sterne und einem andern Statt, weil man nur ein approximatives Verfahren hat, um die relativen Verhältnisse des Lichtes zu bestimmen, das von den Sternen, welche zu derselben Klasse gehören, ausgestrahlt wird. Wir geben hier jedoch die Bestimmungen, welche von W. Herschel über die Sterne der sechs ersten Größen herrühren.

Licht eines mittleren Sternes	1ster Größe	.	100
	2ter "	. .	25
	3ter "	. .	10
	4ter "	. .	6
	5ter "	. .	2
	6ter "	. .	1

Abgesehen von den Sternen von verschiedenen Größen, die mit dem Teleskope oder mit dem bloßen Auge gesehen werden, gibt es noch Haufen von Sternen, die wegen des Aussehens, unter welchem sie sich uns zeigen, Nebelsterne genannt werden. W. Herschel, welcher sie so vollständig als möglich analysirte, hat sie folgendermaßen klassifizirt. Wir folgen dieser Ordnung zum Verständniß dessen, was wir zu sagen haben.

1) Haufen von Sternen, wo jeder deutlich unterschieden werden kann.

2) Auflöslicher Nebelstern, von dem man annimmt, daß er durch eine Zusammenklümperung von Sternen entstanden ist.

3) Eigentliche Nebelsterne, ohne die Wahrscheinlichkeit, daß sich die Nebelhaftigkeit im Sterne auflösen könne. Man begreift darunter die Planeten- und Stern-Nebelsterne.

Die Nebelsterne der zweiten Klasse bestehen sehr wahrscheinlich aus einem Haufen von Sternen, welche wegen ihrer großen Entfernung von uns oder wegen ihres schwachen Glanzes nicht voneinander unterschieden werden können, so daß sie sich uns als eine leuchtende Masse darstellen. Ohne uns in große Weitläufigkeiten über die Nebelsterne einzulassen (was nicht zu unserem Fache gehört), wollen wir doch einiges Allgemeine anführen, das für den Gegenstand, den wir behandeln, von Nutzen ist.

Die eigentlichen Nebelsterne erscheinen unter unendlich vielen Formen und einer großen Mannigfaltigkeit des Aussehens. Die merkwürdigsten sind Fig. 13 und 14 Taf. IX. abgebildet. Der erste, welcher im Jahre 1656 von Huyghens entdeckt wurde, umgibt den vierfachen oder vielmehr sechsfachen Stern in dem Sternbilde Orion; der andere wurde von Lacaille neben dem Sterne η in dem südlichen Sternbilde die Karlseiche entdeckt. Das Aussehen dieser Objekte, besonders des ersteren, ist sehr verschieden von dem, das aus der Aggregation einer unzählbaren Menge kleiner Sterne hervorgehen würde. Das erstere besteht aus kleinen Massen oder nebligen Flocken, welche mit ihren Rändern an einer Menge kleiner Sterne und namentlich an einem beträchtlichen Sterne zu hängen scheinen, den man unter dem Nebelstern in der Figur erblickt und welcher von einer nebligen Atmosphäre umgeben ist, die sich durch ihre Größe und ihre sonderbare Figur auszeichnet. Fig. 15 Taf. IX. stellt einen Nebelstern vor, der in dem Sternbilde Andromeda in der Nähe von dem Sterne ν liegt und mit bloßem Auge gesehen werden kann. Simon Marius, der ihn im Jahre 1612 angab, vergleicht ihn ziemlich mit einem durch Horn gesehenen Lichte. Seine Gestalt ist die eines länglichen Ovals, dessen Glanz von den Rändern zuerst durch unmerkliche Grade, sodann mit größerer Geschwindigkeit bis

zu einem Centralpunkte, welcher augenscheinlich für keinen Stern gehalten werden kann, obgleich er glänzender als alles Uebrige ist, wächst und als ein Nebelstern in einem hohen Grade der Verdichtung angesehen werden muß. Dieser Nebelstern ist der Typus einer sehr zahlreichen Klasse von Nebelsternen. Man unterscheidet ferner ringförmige und planetarische Nebelsterne; diese letzteren sind sehr sonderbare Gegenstände, welche große Aehnlichkeit mit den Planeten haben. Ihr Licht ist vollkommen gleichförmig oder sehr wenig schattirt und nähert sich dem Glanze des Planetenlichtes. Diese Objekte erreichen bisweilen ungeheure Dimensionen. Die Gleichförmigkeit ihrer Scheibe und der Mangel an scheinbarer centraler Verdichtung läßt uns vermuthen, daß ihr Licht rein oberflächlich ist. Unter diesen Nebelsternen führen wir einige an, deren scheinbarer Durchmesser ungefähr 20 Zoll beträgt und die auf der Parallele v des Wassermanns gesehen werden.

Welche Vermuthung man auch über die Nebelsterne aufstellen mag, so kann man doch nicht zweifeln, daß sie aus einer Zusammenklümperung von Sternen bestehen; vielleicht sind sie auch eine leuchtende und phosphoreszirende Materie, welche in der Unermeßlichkeit des Raumes wie eine Wolke oder Nebel zerstreut ist, die bald wunderliche Gestalten annimmt, wie die von dem Winde gejagten Wolken, bald sich um gewisse Sterne nach Art der Atmosphären der Kometen concentrirt. Welches ist aber die Bestimmung dieser nebligen Materie? Dient sie bei ihrer Verdichtung dazu, neue Sternensysteme oder isolirte Sterne zu bilden?

Außer den Fixsternen gibt es gewisse Sterne, welche, ohne sich von den andern durch eine scheinbare Verrückung oder durch ein verschiedenes Aussehen zu unterscheiden, periodischen Glanzzunahmen unterworfen sind, welche in einem oder zwei Fällen

vollständige Erlöschung und Wiederbelebung zeigen. Dies sind die periodischen Sterne. Einer der merkwürdigsten ist der Stern *o* im Wallfische. Seine Periode beträgt 234 Tage und der Planet behält seinen größten Glanz ungefähr 15 Tage und zeigt sich alsdann bisweilen wie ein schöner Stern zweiter Größe. Er nimmt sodann ungefähr 3 Monate lang ab, bis er beinahe 5 Monate lang vollkommen unsichtbar wird; darauf nimmt sein Glanz während der 3 andern Monate wieder zu. Man ist geneigt zu glauben, daß ein dunkler Körper um den Stern kreise und sich zwischen ihn und uns stelle. Es gibt Sterne, welche nach ihrem periodischen Umlaufe aufhörten, zu erscheinen; unter andern der Stern *o* im Wallfische vier Jahre lang. Temporäre Sterne sind zu verschiedenen Zeiten mit einem außerordentlichen Glanze in verschiedenen Himmelsgegenden erschienen, und sind, nachdem sie alle Kennzeichen der Fixsterne an sich trugen, wieder verschwunden, ohne eine Spur von sich zurückzulassen; ein solcher Stern war es, dessen plötzliches Erscheinen 125 Jahre vor Christi Geburt Hipparchs Aufmerksamkeit fesselte. Man konnte noch eine große Menge derselben anführen. Wir wollen uns auf den vom Jahre 1572 beschränken, welchen Tycho Brahe beschrieben hat; er war eben so glänzend, wie der Sirius; er fuhr fort zu glänzen, so daß er den Jupiter übertraf, und daß er am hellen Tage sichtbar war; er erschien am 11. November und nahm im December desselben Jahres ab; im März 1574 war er gänzlich verschwunden.

Von dem Zodiakallichte.

Es gibt eine Erscheinung, welche anzuzeigen scheint, daß die Sonne selbst von einem gewissen Nebel umgeben ist: dies ist das Zodiakallicht, welches man bei schönem Wetter sogleich nach dem Untergange

der Sonne gegen April und Mai hin oder auch vor dem Aufgange der Sonne in der entgegengesetzten Jahreszeit in kegel- oder linsenförmiger Gestalt, deren Richtung gewöhnlich die der Ekliptik oder richtiger die des Sonnenäquator ist, erblickt. Dieses Licht ist wenigstens in unsern Klimaten äußerst schwach, man sieht es aber besser in den Gegenden zwischen den Wendezirkeln, wo es nicht mit einem Nordlichte verwechselt werden kann. Es zeigt sich augenscheinlich eine dünne Atmosphäre von linsenförmiger Gestalt, welche die Sonne umgibt, und sich über die Bahn des Merkurs und sogar der Venus hinaus ausdehnt.

Von dem Lichte der Doppelsterne.

Bis jetzt ist nur von den Lichtstrahlen die Rede gewesen, die nach ihrer Brechung in einem Prisma ein Spektrum gaben, das aus einer gewissen Anzahl von Farben bestand. Diese Strahlen rührten entweder von der Sonne oder von den Sternen her. Es handelt sich jetzt davon, zu sehen, ob es nicht Sterne geben könnte, die bloß einige von den Farben des Spektrums und sogar nur eine ausstrahlen. Die Doppelsterne liefern uns derartige Beispiele.

Man nennt so Sterne, die sich in zwei und bisweilen in drei andere sehr nahe auflösen; sie folgen dem nämlichen dynamischen Gesetze, nach welchem sich unser System richtet. Als Beispiel führen wir den schönen Stern Kastor an, der sehr groß, und aus zwei Sternen zwischen der 3. und 4. Größe gebildet ist, die 5″ von einander abstehen. W. Herschel hatte mehr als 500 gezählt, die um weniger als ½ Minute von einander entfernt sind; Professor Struve in Dorpat hat die Zahl derselben verfünffacht und andere Beobachter haben sie beinahe auf das Hundertfache gebracht.

Das Licht der Doppelsterne zeigt binäre Verbin-

dungen von Roth und grünlich Blau, von Gelb und Blau. Rührt die blaue oder grüne Farbe des kleinen Sterns von einer Wirkung des Contrastes her oder nicht? Diese Frage löste Arago auf die folgende Weise.

Man weiß, daß ein schwaches weißes Licht in Beziehung auf eine starke rothe Farbe grün erscheint und in das Blaue übergeht, wenn das umgebende lebhafte Licht gelblich ist. Man bemerkt genau eine derartige Erscheinung zwischen dem glänzenden und dem schwachen Theile der Doppelsterne, was zu der Annahme berechtigen würde, daß die Ursache dieselbe sei. Es gibt jedoch Ausnahmen, denn ein kleiner blauer Stern begleitet oft einen großen weißen Stern ohne einen Schein von rother Farbe und in diesem Falle darf man keine Contrasterscheinungen voraussetzen. Da die blaue Farbe von keiner Illusion herrühren kann, so muß sie wirklich die des Lichtes gewisser Sterne sein. Um diese Thatsachen zu bestätigen, darf man nur den Stern durch eine Scheidewand in dem Fernrohre verhüllen, um die Farbe des Sterns unabhängig von der des andern zu beurtheilen. Als Arago so operirte, so fand er, daß die Verhüllung des großen Sterns nur in einigen Fällen das Verschwinden jeder Farbe in dem zweiten mit sich führe; auf diese Weise ist bewiesen worden, daß es eine große Menge von Doppelsternen gebe, wovon die einen eine blaue, die andern eine grüne Farbe ausstrahlen.

Das Dasein farbiger Sterne ist schon im Jahre 1686 von Mariotte angezeigt worden, der in seinem Werke über die Farben angegeben hatte, daß es gelbe und blaue Sterne gebe. Dunlop hatte gleichfalls im Jahre 1828 in seinem Kataloge angezeigt, daß es in der südlichen Hemisphäre eine Gruppe gebe, die aus Sternen von bläulicher Farbe bestehe. Es ist also heutzutage hinlänglich bewiesen,

daß es Sterne gibt, die uns nur ein einfarbiges Licht zusenden, und andere ein Licht, das aus mehreren Farben besteht. Woher können aber diese einzigen Farben oder diese kleine Anzahl von Farben rühren, die von einigen Sternen ausströmen? Muß man sie als das Resultat der Zersetzung eines dem Sonnenlichte ähnlichen Lichtes durch die Mittel betrachten, durch welche dasselbe gegangen ist, indem die complementäre Farbe oder bloß ein Theil von diesen Mitteln absorbirt wurde? oder rühren sie von erlöschenden Sonnen her; oder auch wohl von einem Zustande der Verbrennung des Sterns, welcher demjenigen gewisser verbrennenden Körper ähnlich ist, die nur eine geringe Anzahl von Farben und sogar nur eine einzige ausstrahlen, wie wir mehrere Beispiele davon gegeben haben? Da wir nur mehr oder weniger gewagte Ansichten in dieser Beziehung vortragen könnten, so wollen wir nichts mehr über die Farbe der Doppelsterne sagen.

Von dem Nordlichte.

Das Nordlicht ist eine Lichterscheinung, welche bisweilen nach Sonnenuntergang gegen Norden, selten gegen Westen und noch seltener gegen Süden erscheint; bald zeigt es sich in der Nähe des Horizontes als ein undeutlicher Schimmer, dem der Morgenröthe ähnlich, die dem Aufgange der Sonne vorangeht, in anderen Fällen in Gestalt einer dunklen Wolke, aus welcher leuchtende bisweilen mannigfaltig gefärbte Raketen herausfahren, welche alsdann die ganze Atmosphäre erleuchten. Dies sind die Haupterscheinungen, die man an diesem Meteore bemerkt, das verschiedene Formen annimmt. Sein Erscheinen ist immer von einer Störung in dem Gange der täglichen Veränderungen der Magnetnadel nicht bloß an den Oertern begleitet, wo das Nordlicht sichtbar

ist, sondern auch in den Gegenden, welche weit davon entfernt sind. Wir haben hier nur von dem meteorischen Lichte zu sprechen, und die wahrscheinlichen Ursachen seines Entstehens kennen zu lehren.

Wir wollen uns in keine Erörterung der verschiedenen zu Erklärung der Nordlichter erdachten Theorien einlassen, wir wollen aber die kennen lehren, welche auf Thatsachen beruhen, die am besten nachgewiesen sind.

Man weiß seit langer Zeit, daß die Elektricität, welche in den leeren Raum übergeht, sich unter den nämlichen Lichterscheinungen wie die des Nordlichts zeigt. Da nun die Luft in dem Verhältniß dünner wird, als sie sich über die Oberfläche der Erde erhebt, so müssen, wenn das Nordlicht von elektrischen Erscheinungen herrührt, welche in den höheren Regionen stattfinden, diese Entladungen das nämliche Aussehen haben, wie in den Röhren, die mit mehr oder weniger verdünnter Luft angefüllt sind. Dies sind die Ansichten, welche von einer großen Anzahl von Physikern unter welchen wir Canton, Beccaria, Franklin anführen wollen, ausgesprochen wurden, Ansichten, welche wir noch heutzutage annehmen, seitdem wir wissen, daß die Erscheinung dieses Meteors eine Wirkung auf die Magnetnadel ausübt, welche zum ersten Male im Jahre 1740 beobachtet wurde; da man aber zu dieser Zeit die Identität zwischen Elektricität und Magnetismus nicht kannte, so konnte diese Entdeckung nicht als ein Beweis für den elektrischen Ursprung der Nordlichter gelten. Erst dann konnte es geschehen, nachdem Oerstedt den Elektromagnetismus entdeckt hatte.

Es war nicht genug, eine Identität zwischen dem elektrischen und dem Nordlichte aufzufinden, man mußte auch noch das Dasein einer hinreichenden Menge Elektricität in der Atmosphäre beweisen; nun weiß man in unseren Tagen, daß diese Elektricität

in derselben oft in ungeheuren Mengen enthalten ist. Der elektrische Ursprung der Nordlichter scheint also heutzutage der wahrscheinlichste zu sein.

Alle beobachtete Thatsachen zeigen klar, daß sich die Säulen des Nordlichtes nach der Einwirkung des Erdmagnetismus richten und demnach für analog mit jenen Lichtstrahlen gehalten werden müssen, die man zwischen zwei Kohlenspitzen hervorbringt, wenn man eine starke Volta'sche Batterie zwischen ihnen entladet, Strahlen, die sich einem Magnetstabe gegenüber so verhalten, wie dies ein Theil der beweglichen Kette thun würde, durch den ein elektrischer Strom geht. Alles sucht also zu beweisen, daß die Lichtstrahlen des Nordlichts Streifen von gasartigen Stoffen sind, die alle Formen annehmen können und Analogie mit dem elektrischen Lichte haben. Worin besteht aber die Natur dieses gasartigen Stoffes? Wie werden diese Ströme erzeugt? Dies sind Fragen, welche der gegenwärtige Stand der Wissenschaft nicht zu beantworten gestattet, ohne sich in mehr oder weniger schwankende Hypothesen einzulassen. Es gibt so viele Mittel, die Elektricität in den leitenden Körpern in Bewegung zu setzen, daß es unmöglich ist, das anzugeben, welches die Natur anwendet. Da man in unseren Tagen weiß, daß man in den Körpern dadurch Ströme erzeugen kann, daß man das Gleichgewicht ihrer Partikelchen stört, oder ihre Stelle verrückt, so kann es gar wohl in der Atmosphäre irgend einige Ursachen geben, deren Natur und Ursprung wir nicht kennen, welche den elektrischen Stoff, der sich in ihr befindet, in Bewegung setzen. Da diese Ströme überdies in der gasartigen Materie cirkuliren, so können sie gar wohl die Stoffe, die in derselben verbreitet sind, entzünden und jene Branderscheinungen hervorbringen, die bei großen Nordlichtern beobachtet werden.

Von den Sternschnuppen.

Die Sternschnuppen sind auch eine noch sehr dunkle Erscheinung, obgleich wir Beispiele haben, daß man sie schon lange beobachtete. Die zuverlässigen, über ihr Erscheinen erlangten Kenntnisse schreiben sich erst von dem verflossenen Jahrhunderte her. Bis dahin hatte man nicht sehr genaue Kenntnisse über die Höhen, in welchen sich diese Meteore gewöhnlich zeigen. Wir wollen uns in keine historische Untersuchung der Arbeiten einlassen, welche seit 1800 geliefert wurden; sondern bloß die allgemeinen Folgerungen anführen, die man aus den Beobachtungen abgeleitet hat.

Brandes fand, daß die Sternschnuppen ein Streben haben, sich gegen Südwest zu richten, ein Streben, das von einer Verbindung ihrer Bewegung mit der der Erde in ihrer Bahn herrührt, woraus man vermuthete, daß diese Meteore einen kosmischen Ursprung haben müssen. Erst zur Zeit der Erscheinung des prächtigen Schauspiels, wovon man in der Nacht vom 11ten auf den 12ten November 1832 Zeuge war, erinnerte man sich eines ebenso außerordentlichen Phänomens, das Humboldt in der Nacht vom 11ten auf den 12ten November 1799 beobachtete. Man war veranlaßt, wie Arago bemerkte, das Dasein einer Zone anzunehmen, die aus Millionen kleiner Körper besteht, deren Bahnen die Ebene der Ekliptik an dem Punkte treffen, den die Erde alle Jahre vom 11ten bis zum 13ten November einnimmt.

Aus den Bestimmungen Quetelet's geht hervor, daß der mittlere Werth für die Geschwindigkeit der Sternschnuppen ungefähr 6 französische Meilen auf die Sekunde beträgt, während der von Brandes angegebene zehn ausmacht. Quetelet suchte die merkwürdigsten Erscheinungen der bis jetzt beobachteten Sternschnuppen mit dem Phänomene des Falls der

Meteorsteine in demselben Monate in Verbindung zu bringen. Die Untersuchung, die er darüber anstellte, hat ihn dahin geführt, gleichfalls ein Periodisches in dem Falle der Aerolithen anzuerkennen; ebenso verhält es sich mit den Nordlichtern, die einer periodischen Wiederkehr unterworfen sind, und deren Erscheinen mit dem der Sternschnuppen coincidirt. Im Jahre 1838 beobachtete J. Herschel wirklich ein glänzendes Nordlicht den 12ten November, anstatt der außerordentlichen Erscheinung von Sternschnuppen, die er erwartete, und welche erst den Tag darauf bemerkt wurde. Im Jahre 1830 waren die Erscheinungen von Sternschnuppen von dem 7ten und 12ten November gleichfalls von Nordlichtern begleitet. Benzenberg fand und berechnete im Jahre 1833 für den 11ten und 13ten September, 6ten, 9ten, 14ten Oktober und 4ten November 1798 135 Sternschnuppen, in Zeit von 22 Stunden 21 Minuten, d. h. von 6 ungefähr auf die Stunde, während Brandes in einem nahe gelegenen Standorte 267 in 27 Stunden 53 Minuten, oder ungefähr 10 auf die Stunde zählte. Die mittlere Zahl ist also 8 auf die Stunde, wie Benzenberg es gleichfalls fand. Quetelet, der sich mit der nämlichen Frage beschäftigte, wurde auf das Resultat geleitet, daß ein einzelner oder mehrere Beobachter, die eine und dieselbe Himmelsgegend betrachten, als Mittelzahl 8 Sternschnuppen auf die Stunde sehen können, und daß mehrere Beobachter, die sich so aufgestellt haben, daß sie die verschiedenen Himmelsgegenden betrachten, eine doppelte Anzahl zählen können.

Doktor Holbers meint, daß die Zahl von 8 Sternen nur bei Beobachtungen angewandt werden könne, die vom Monat August bis zum Dezember angestellt werden. Nach ihm betrüge die Mittelzahl für das ganze Jahr nur $^2/_3$ der von Quetelet angegebenen Zahl, und nach Herschel wären 16 Sternschnuppen

auf die Stunde für einen *einzigen Beobachter* eine Zahl über die Mittelzahl.

Nach Herrick's Berechnungen ist die von Quetelet angegebene Zahl, gegen Holbers und Benzenbergs Meinung, zu schwach; alles, was man daraus abnehmen kann, ist dies, daß sich die Sternschnuppen in Amerika in einer größeren Menge zeigen, als in Europa. Um diese Meteore zu erklären, nimmt Arago das Dasein einer Zone an, die aus Tausenden von kleinen Körpern besteht, deren Bahnen die Ebene der Ekliptik an dem Punkte schneiden, den die Erde alle Jahre vom 11ten bis zum 13ten November einnimmt. Olbers gab dieser Meinung eine größere Ausdehnung. Nach ihm scheint sich eine unermeßliche Menge planetarischer Körperchen, welche die Sternschnuppen bilden, in Kreisen um die Sonne zu bewegen, und durchschneidet die Erdbahn zwischen dem 18ten und 21sten Grade des Stiers. Diese einander sehr nahen und beinahe unter sich parallelen Bahnen bilden so zu sagen eine gemeinschaftliche Straße für Millionen, für Myriaden dieser unendlich kleinen Sternchen, welche in ziemlich gleichen Zeiten, vielleicht in einem Zeitraume von 5 bis 6 Jahren, ihre Umlaufszeit um die Sonne vollenden. Auf diesem gemeinschaftlichen Wege scheinen sie noch sehr ungleich vertheilt zu sein; hier sind sie in dichten Massen, dort zerstreut. In den Jahren 1799 und 1833, vielleicht auch 1832, wird eine dieser Massen in unsere Atmosphäre geworfen worden sein; in den Jahren 1831, 1834 und 1836 hat unsere Erde wahrscheinlich nur Sternchen, einzelne Sternschnuppen gesehen, obgleich sie in ziemlich großer Menge vorhanden waren. Es ist zu glauben, daß diese Sternchen aus oxydirbaren Stoffen bestehen, die sich erhitzen und sodann entzünden, wenn sie in unserer Atmosphäre sind und dadurch zu den beobachteten Lichterscheinungen Veranlassung geben.

Fünftes Buch.

Erstes Kapitel.

Von der Schwere.

Wir haben bis jetzt nur von den allgemeinen Eigenschaften der drei imponderablen Agentien, der Elektricität, der Wärme und dem Lichte und noch gar nicht von den Erscheinungen der Anziehung gesprochen, welche von der Schwere und von den Kräften abhängen, welche auf kleine Entfernungen wirken.

Die Anziehung, in dem Sinne genommen, welchen wir ihr hier geben, ist diejenige Wirkung, vermöge welcher zwei Körper oder ihre Elemente sich zu einander begeben, ohne daß man erfahren kann, worin ihre Annäherungsweise bestehe. Sie ist also das Resultat einer den Molekülen der Materie inhärirenden Eigenschaft, das Resultat von Kräften, deren Ursprung uns unbekannt ist. Bei der Untersuchung der Kräfte gibt man sich durchaus nicht damit ab, die bewegenden Ursachen zu erforschen, weil sich diese unseren Forschungen entziehen; der Physiker muß sich also bloß an die Gesetze halten, nach welchen sich ihre Wirkungsweise richtet, um die Erscheinungen, die durch eine und dieselbe Beziehung unter

sich verknüpft sind, erklären und sogar voraussehen zu können. Bei Verfolgung dieser Richtung kann man sich indessen doch vornehmen, zu untersuchen, ob es eben so viele bewegende Ursachen als Kräfte gebe, oder ob sich etwa nicht mehrere dieser letzteren von einer einzigen ableiten lassen. Man ist zwar über die Natur der ersten Ursachen noch nicht weiter gekommen, man vereinfacht aber durch Begründung ihrer gegenseitigen Abhängigkeit, ihr Studium außerordentlich. Dies ist der Gang, den wir beständig befolgt haben, und den wir auch ferner befolgen werden, um zu sehen, bis wohin die imponderablen Flüssigkeiten einen gemeinschaftlichen Ursprung haben und in Beziehungen mit den Kräften stehen können, von welchen wir sogleich sprechen werden.

Man unterscheidet wegen ihrer Wirkungsweise zwei Arten von Attraktivkräften: die erste, welche auf große Entfernungen wirkt, die Schwere; die zweite umfaßt die Kräfte, welche auf kleine Entfernungen wirken, und auf welche man alle Molekularwirkungen beziehen muß. Vermittelst der Bewegungsgesetze der Himmelskörper, die zu unserem Planetensysteme gehören, ist man veranlaßt, den Mittelpunkt der Sonne als den Brennpunkt einer Attraktivkraft anzusehen, die sich auf eine unbestimmte Weite erstreckt und mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt.

Die allgemeinen Eigenschaften dieser Kraft und welche für dieselbe charakteristisch sind, sind uns durch die drei Gesetze Keplers enthüllt worden. Da 1) die Flächen, welche um die Sonne herum von den Radien-Vektoren der Planeten beschrieben werden, den Zeiten proportional sind, so richtet sich also die Kraft beständig gegen den Mittelpunkt hin.

2) Die elliptische Form der Planetenbahnen beweist, daß die Kraft abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

3) Da die Quadrate der Umlaufszeiten dem Kubus

der großen Achsen der Bahnen proportional sind, so muß die Attraktivkraft bei gleicher Entfernung dieselbe sein.

Dieses Attraktivvermögen, welches die Sonne auf die Planeten, ihre Trabanten und die Kometen ausübt, ist die Schwere; es ist das nämliche Vermögen, das die Erde auf den Mond ausübt, und das diesen in seiner Bahn erhält; es wirkt nicht bloß auf die Oberfläche der Körper, sondern auch noch auf ihre inneren Theile; daher ist es den Massen proportional; es ist endlich das Vermögen, welches den Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde bewirkt. Die Wirkung der Schwere wird durch die parabolische Richtung bewiesen, nach welcher ein in eine große Höhe geworfener Körper fällt; betrüge die Geschwindigkeit des Wurfes 7000 Meter auf die Sekunde, und wäre der Widerstand der Atmosphäre Null, so würde der Körper wie ein Trabant um die Erde kreisen. In diesem Falle wäre die Centrifugalkraft der Schwere gleich, deren Abnahme an Intensität nur in einer gewissen Entfernung von der Oberfläche wahrnehmbar ist, denn man bemerkt keine Differenz in ihrer Wirkungsweise an der Oberfläche und in der, welche sie auf den größten Höhen, wohin der Mensch gekommen ist, ausübt. Nach den so eben über die Schwere gegebenen Begriffen sieht man sogleich, daß die einem fallenden Körper mitgetheilte Geschwindigkeit von seiner Masse unabhängig ist, weil sie für ein Molekül, wie für den ganzen Körper dieselbe sein muß. Wenn es sich oft anders verhält, so kommt dies bloß daher, daß die Luft nicht allen Körpern gleichen Widerstand leistet; die, welche mehr Gewicht bei gleichem Volumen haben, indem sie den Widerstand der Luft leichter überwinden können, fallen schneller als die, welche nicht so dicht sind. Die Geschwindigkeit, welche ein Körper im Fallen erlangt, wird durch den Raum gemessen, den

er in einer gegebenen Zeit durchläuft. Das Verhältniß zwischen dem Raume und der Zeit, gibt das Bewegungsgesetz des Körpers. Dieses Gesetz wird durch die zwei folgenden Formeln ausgedrückt, welche eine constante beschleunigende Kraft charakterisiren:

$$v = gt$$

$$e = \frac{gt^2}{2}$$

g stellt die Geschwindigkeit in der Zeiteinheit vor, ein Werth, welcher augenscheinlich das Doppelte des während der nämlichen Zeit durchlaufenen Raumes ist.

In Paris ist

$$g = 9^m,8088.$$

Diese Formeln zeigen uns, daß die Geschwindigkeiten der Zeit, und daß der durchlaufene Raum dem Quadrate der Zeit proportional sind.

Die Richtung der Schwere ist natürlicher Weise die, welche ein Körper in seinem Falle annimmt; sie wird uns durch das Senkblei angezeigt, und ist auf der Oberfläche stillstehender Wasser senkrecht, nur ist sie mit der Krümmung der Erde verschieden; wäre diese vollkommen kugelförmig, so müßten augenscheinlich alle Richtungen nach ihrem Mittelpunkte gehen. Der Körper erheischt, abgesehen von dem Widerstande, den ihm die Luft entgegenstellt, eine gewisse Kraft, welche der Richtung der Schwere entgegengesetzt ist, damit er nicht falle. Das Streben dieser Kraft wird durch das Gewicht bestimmt. Das Gewicht eines Körpers ist also die Resultante der partiellen Wirkungen der Erde auf alle Punkte dieses Körpers, eine Resultante, welche durch den Schwerpunkt geht. Wir werden uns nicht weiter über die Schwere in der Beziehung ausbreiten, welche hauptsächlich ihre Verschiedenheit auf den mannigfachen Punkten der Erdkugel anbetrifft, da wir davon in der

Einleitung gesprochen haben. Wir beschließen das, was wir hierüber zu sagen haben, durch den etwas ausführlichen Bericht über einen Versuch Cavendish's, um die Dichtheit der Erde im Vergleiche mit der irgend eines Körpers, z. B. des Wassers, kennen zu lernen, ein Versuch, welcher das Attraktivvermögen der Massen auf Entfernungen, das nichts anderes, als die Schwere ist, augenscheinlich macht. Das Princip, auf welchem dieser berühmte Versuch beruht, ist Folgendes. Wir nehmen an, daß man einem Senkblei eine Metallkugel von einem Halbmesser von 3 bis 4 Meter hinhalte; augenscheinlich wird die Anziehung, die sie auf dasselbe ausübt, so schwach sein, daß sie nicht beobachtet werden kann, da ja weit beträchtlichere Massen, wie ein Berg, dasselbe nur um einige Sekunden zum Abweichen bringen; wenn man sich aber statt des Senkbleies eines Hebels bedient, der horizontal, vollkommen im Gleichgewichte und sehr beweglich ist, und man einem seiner Endpunkte, der sich in eine Kugel endigt, eine Metallkugel hinhält, so wird diese dahinstreben, ihn zu drehen, ohne daß man zu besorgen hat, daß dieser Wirkung die Schwere, wie bei dem Senkblei, Hindernisse in den Weg lege. Man kann diese Wirkung dadurch verdoppeln, daß man eine Kugel an dem andern Endpunkte befestigt, und in geringer Entfernung eine andere, der ersten ähnliche Kugel so anbringt, daß von jeder derselben, die eine auf der einen, die andere auf der andern Seite liege. Wenn man hinlänglich große Metallkugeln nimmt, und dem Hebel eine große Beweglichkeit gibt, so ist es begreiflich, daß man es dahin bringen könne, die Wirkung, welche sie auf seine beiden Endpunkte ausüben, wahrnehmbar zu machen. Wir wollen zu der Beschreibung des Apparates übergehen, welcher in horizontaler und vertikaler Projektion, Taf. IX., Fig. 16 und 17, abgebildet ist: S und S' sind die Metallkugeln; a b c d der Durch-

schnitt des Kastens, in welchem sich der bewegliche Hebel befindet, der den Bewegungen der Luft durchaus nicht ausgesetzt sein darf, s, s′ sind die beiden kleinen Kugeln, die an seinen beiden Endpunkten hängen. In dem vertikalen Schnitte, Fig. 17, bezeichnen die nämlichen Buchstaben die nämlichen Objekte. Diese beiden Kugeln hängen an einem Silberdrahte, welcher durch die Endpunkte des Hebels geht, und welcher Draht in n an den senkrechten Draht f, f′ anstößt; dieser Draht muß, außer dem, daß er hinlänglich stark sein muß, um das Hebelsystem zu tragen, noch eine Drehkraft besitzen, welche hinreichend ist, um die gesuchte Kraft zu messen. Diese Drehkraft wirkt in der That in umgekehrter Richtung von der Attraktivkraft. Die Kugeln S, S′, die an einem Eisenstabe hängen, können sich leicht um den Kasten so drehen, daß sie verschiedene Lagen annehmen, und mehr oder weniger von den kleinen Kugeln s, s′ entfernt werden können. Das System der beiden Kugeln hat eine Drehungsachse, welche in der nämlichen Richtung mit dem Drahte f, f′, liegt. Die Kugeln müssen massiv sein, damit ihre Wirkung beträchtlicher ist, da sie ja im direkten Verhältnisse der Massen wirken.

Um sich gegen jeden störenden Einfluß zu schützen, hatte Cavendish seinen Apparat in ein Zimmer ohne Thüre und ohne Fenster gestellt, das auch durch eine Oeffnung vermittelst einer Lampe F erhellt wurde, die sich außerhalb des Zimmers befand, damit die Temperatur desselben keine Veränderung erleide. Ein Fernrohr l, l′ ist dazu bestimmt, die Wirkungen der Attraktion zu beobachten. Um die Versuche anzufangen, bringt man die Kugeln S, S′ in die Lage, welche senkrecht zu dem beweglichen Hebel ist, und dreht sie so, daß man sie in die Fig. 17, Taf. IX. angezeigte Lage bringt, wo die kleinen Kugeln von den andern angezogen zu werden anfangen, und nun fangen sie

zu schwingen an. Diese Erscheinung kann nur der Wirkung zugeschrieben werden, welche die beiden Materien auf einander ausüben. Man darf nun annehmen, daß das Streben, welches die kleinen Kugeln zu den großen hinführt, das nämliche mit dem ist, nach welchem ein nicht unterstützter Körper zur Erde fällt, d. h. daß die Kraft die nämliche wie die Schwere ist; wohl verstanden, daß in den beiden Fällen die Wirkungen den Massen proportional sind.

Um die Erscheinungen der Attraktion der großen Kugeln auf die kleinen zu messen, muß man drei Elemente kennen: die Dauer der Schwingungen der kleinen Kugeln, die Länge des Hebels und ihre Entfernung von dem Mittelpunkte der großen Kugeln, in welchem man annehmen darf, daß die ganze Masse concentrirt sei, denn die attraktiven Wirkungen, welche die großen Kugeln ausüben, sind die nämlichen, als ob diese Concentrirung stattfände. Man hat sodann nur noch, indem man sich der Formel des Pendels bedient, die Resultate der Erscheinungen von dem Drehen des Drahtes zu korrigiren.

Wir wollen jetzt die Art und Weise zu operiren angeben. Nehmen wir an, der Wagbalken sei in Ruhe und seine Lage beobachtet; man bewegt die Gewichte; der Wagbalken wird nicht bloß seitwärts gezogen, sondern er fängt sogar an, eine beträchtliche Zeit lang zu schwingen, so daß man, um die Größe zu bestimmen, um welche er sich von seiner ersten Lage entfernt hat, die äußersten Punkte der Schwingungen beobachten muß, um die Entfernung zu bestimmen, bei welcher er stehen bleiben würde, wenn die Bewegung aufhörte. Zu dem Ende beobachtete Cavendish drei äußerste, auf einander folgende Punkte einer Schwingung; sodann betrachtete er die Mitte zwischen dem ersten und dem dritten dieser Punkte als den äußersten Schwingungspunkt in einer Richtung, und nahm sodann als Ruhepunkt die Mitte

zwischen diesem und dem zweiten Extreme aus dem Grunde an, weil die Mitte zwischen zwei äußersten Punkten, da die Schwingungen abnehmen, keine wahre Lage des Körpers geben können. Um die Schwingungsdauer zu bestimmen, beobachtete er die beiden äußersten Punkte einer Schwingung und die Zeiten, wo der Wagbalken bei zwei, zwischen diesen äußersten Punkten gegebenen Eintheilungen ankam, berechnete sodann den Mittelpunkt der Schwingung und fand vermittelst einer Proportion die Zeit, wo der Wagbalken an diesem Mittelpunkte ankommt. Als diese Operation eine gewisse Zahlmal wiederholt wurde, so theilte er den Zeitraum zwischen den Ankünften des Wagbalkens an den beiden, von der Zahl der Schwingungen bestimmten Mittelpunkten ein, was die Dauer einer Schwingung gibt.

Um zu erfahren, wie weit diese Methode richtig ist, suchte Cavendish, auf welche Weise die Schwingung durch den Widerstand der Luft und die Verrückung des Ruhepunktes affizirt werde. Aus der Berechnung scheint hervorzugehen, daß wegen des Widerstandes der Luft die Zeit, wo der Wagbalken in dem Mittelpunkte der Schwingung ankommt, nicht genau die Mitte zwischen den Zeiten seiner Ankunft an den äußersten Punkten ist, was eine Ursache von der Ungenauigkeit in der Methode ist, mit deren Hülfe man die Dauer einer Schwingung findet. Da indessen die Zeit der Ankunft in dem Mittelpunkte der Mitte der Schwingung, sowohl in der ersten als in der letzten Schwingung vorangeht, so kann der Irrthum außer Acht gelassen werden. Wir wollen einen andern von den zahlreichen Versuchen, welche Cavendish anstellte, vortragen. Der Draht, an welchem der Wagbalken hing, bestand aus versilbertem Kupfer; er war $0^{m},997$ lang, sein Gewicht betrug auf 305 Millimeter 13,4 Centigramme; seine Elasticität war so, daß die Schwingungsdauer des Wag-

balkens ungefähr 15 ausmachte. Die bleiernen Gewichte hingen an eisernen Stangen. Aus Besorgniß, eine Magnetisirung dieser Stangen möchte einigen Einfluß ausüben, wurden die Bleigewichte abgenommen und man experimentirte allein mit den Stangen. Die Berechnung gab an, daß die Attraktion, welche diese Stangen auf die Kugeln ausübten, zu der der Gewichte in dem Verhältnisse von 17 zu 2500 stehe. Da man nun in einem früheren Versuche gefunden hatte, daß die Anziehung der Gewichte hinreichend zu sein scheine, den Wagbalken ungefähr 15 Eintheilungen durchlaufen zu lassen, so mußte die Anziehung der Stangen allein ihn ungefähr 0,1 einer Eintheilung und demnach 0,2 durchlaufen lassen, wenn man die Stangen aus der positiven in die negative Lage und umgekehrt gehen ließ. Es ist gewiß nicht ohne Interesse, einige Worte über die Bewegung zu sagen, welche der Wagbalken zu machen hatte. Cavendish drückt sich in dieser Beziehung folgendermaßen aus:

„Das Resultat des Versuches war, daß, während der ersten 15 Minuten, nachdem man die Stangen in eine einander genäherte Lage gebracht hatte, in dem Wagbalken eine sehr geringe Bewegung hervorgebracht wurde, und kaum über das hinaus, was durch die Wirkung der Schwere hervorgebracht werden sollte; nun nahm aber die Bewegung zu, so daß nach einer Viertel-, höchstens einer halben Stunde der Wagbalken eine halbe bis anderthalb Eintheilungen in der nämlichen Richtung durchlaufen hatte, welche er durch die Richtung der Schwere hätte durchlaufen müssen. Wenn man die Eisenstäbe in die frühere Lage brachte, so bewegte sich der Wagbalken rückwärts stärker, als er es anfangs vorwärts gethan hatte.“ Als andere derartige Versuche Cavendish auf die Vermuthung brachten, daß diese Erscheinung von dem Magnetismus herrühre, so ersetzte er die eiser-

nen Stangen durch kupferne; als die Resultate die nämlichen waren, so wurde bewiesen, daß sie einer zufälligen Ursache zugeschrieben werden müssen. Nach Anhängung der Bleigewichte schritt man zu einem ersten Versuche. Wir wollen bemerken, daß die Eisenstangen, wenn man sie aus der genäherten positiven in die negative Lage und umgekehrt brachte, nicht über eine Eintheilung im Mittel hinausgingen, während die Wirkung, welche dadurch hervorgebracht wurde, daß man die Gewichte aus der Zwischenlage in die genäherte Lage brachte, ungefähr 15 Eintheilungen betrug: so daß, wenn man fortgefahren hätte, die Eisenstangen anzuwenden, der Irrthum, den diese Ursache in den Resultaten herbeigeführt hätte, kaum $^1/_{30}$ des Ganzen überschritten haben würde.

Die Schwingungen durch Verrückung der Gewichte aus der Zwischenlage in die positive, waren so klein, daß man die Zeit der Schwingungen nicht beobachtet hat. Als die Gewichte wieder aus der Zwischenlage gebracht worden waren, so bestimmte Cavendish die Zeit der Ankunft des Wagbalkens in dem Mittelpunkte einer jeden Schwingung; um zu sehen, wie weit die Zeiten der verschiedenen Schwingungen in den meisten Versuchen unter sich übereinstimmen, beschränkte er sich darauf, diese Ankunftszeit im Mittelpunkte bloß für die erste und letzte Eintheilung zu beobachten.

Siebzehn ähnliche Versuche sind angestellt worden und die daraus abgeleiteten Resultate dienten Cavendish dazu, die Dichtheit der Erde zu berechnen, indem er zuerst annahm, daß der Wagbalken und die kupferne Stange ohne Schwere seien, und daß die Gewichte nur in Beziehung auf die nächste Kugel eine merkliche Anziehung äußern, und indem er sodann die erforderlichen Korrektionen bei der Einführung der Schwere des Wagbalken und der Stange in die Rechnung machte. Es ist uns ganz unmög-

Die Gewichte in der Zwischenlage.

Aeußerste Punkte.	Eintheilungen.	Zeit.	Ruhepunkt.	Zeit oder Mitte der Schwingung.	Differenz.
		Std. ' "		Std. ' "	Std. ' "
	11,4	9 42 0			
	11,5	55 0			
	11,5	10 5 0	11,50		
Um 10 Uhr 5 Min. als die Gewichte in die positive Lage gebracht wurden;					
23,4					
27,6 .	. . .	. . . . . .	25,82		
24,7 .	. . .	. . . . . .	26,07		
27,3 .	. . .	. . . . . .	26,10		
25,1					
Um 11 Uhr 6 Min. als die Gewichte in die Zwischenlage gebracht wurden:					
5					
	11	0,0 48			
	12	1 30	} . . .	0 1 13	
18,2 .	. . .	. . . . . .	12 . .	. . .	14 56
	12	16 29			
	11	17 20	} . . .	16 9	
6,6 .	. . .	. . . . . .	11,92	. . .	14 36
	11	30 24			
	12	31 11	} . . .	30 45	
16,3 .	. . .	. . . . . .	11,72	. . .	15 23
	12	45 58			
	11	47 4	} . . .	45 58	
7,7					

Bewegung durch Versetzung der Gewichte von dem Zwischenzustand in den positiven . . . = 14,32
Bewegung durch Versetzung der Gewichte von dem positiven in den Zwischenzustand . . . = 14,1
Zeit einer Schwingung . . . . . . = 14' 55"

lich, uns in das Ausführliche der Berechnungen einzulassen. Diese Berechnungen setzten ihn den Stand, nach dem Mittel unter 17 Resultaten, die ziemlich miteinander übereinstimmten, zu behaupten, daß die

Dichtheit der Erde 5,48 mal größer als die des Wassers sei, eine Bestimmung, welche demnach für ziemlich genau gehalten werden muß. Indessen hat sich Cavendish selbst nicht verhehlt, daß es wohl möglich sein könnte, daß Luftströme auf das Resultat einen Einfluß äußerten; da aber die Versuche zu verschiedenen Zeiten unter beträchtlichen Verschiedenheiten in der Temperatur der Gewichte und der Luft angestellt wurden und da sich der Wagbalken in verschiedenen Entfernungen von den Wänden des Kastens befand, so ist es nicht wohl wahrscheinlich, daß die fragliche Ursache immer in der nämlichen Richtung einen solchen Einfluß geäußert habe, um das Endresultat eines Irrthums zu beschuldigen.

Wir wollen uns erinnern, daß Maskelyne vermittelst der Anziehung, welcher der Shehallische Berg auf das Senkblei ausübte, gefunden hatte, daß die Dichtheit der Erde gleich 4,50 sei, wenn die des Wassers 1 ist, eine Zahl, welche um $\frac{1}{50}$ von der Zahl differirt, welche Cavendish gefunden hatte.

Zweites Kapitel.

Von der Cohäsion.

Die Anziehung der Moleküle der Körper wird nur in unendlich kleinen und demnach von unseren Sinnen unwahrnehmbaren Entfernungen ausgeübt und nimmt mit einer außerordentlichen Schnelligkeit ab. Sie wirkt nicht sehr wahrscheinlich nach dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung wohl aber in dem Verhältnisse einer unbekannten Kraft dieser Entfernung. Darauf muß man beziehen: 1) die Erscheinungen der gegenseitigen Wirkung der ähnlichen Moleküle oder der Aggregationskraft,

welche man Cohäsion nennt; 2) die Capillarerscheinungen, welche bei dem Contakte der festen und liquiden Körper hervorgebracht werden; 3) die Wirkungen unter den heterogenen Molekülen, welche die chemischen Phänomene unter sich begreifen. Die Kräfte, welche die Phänomene hervorbringen, ergänzen mit der Elektricität, der Wärme, dem Lichte und der Schwere das System von Kräften, nach welchem sich die unorganische Natur richtet, und in der organischen eine Rolle spielt. Wir wollen nach der Reihe die allgemeinen Erscheinungen der Attraktion, welche auf kleine Entfernungen wirkt, vortragen, nachdem wir einige Worte über die Trägheit der Materie gesprochen haben, woraus man eine Kraft macht, obgleich sie in der That nur einen passiven Zustand bezeichnet. Jeder Körper beharrt in dem Zustand der Ruhe oder der Bewegung; dieser Mangel an Kraft, durch sich selbst irgend eine Veränderung in seinem jedesmaligen Zustande herbeizuführen, wird Trägheit (Beharrungsvermögen) genannt. Wenn nun auf einen bewegten Körper irgend eine Kraft wirkt, so wird diese Bewegung beschleunigt, oder verzögert oder die Richtung dieses Körpers wird verändert und dies geschieht nach der Intensität und der Richtung dieser Kraft. Wenn diese der von dem Körper durchlaufenen Linie ganz entgegengesetzt ist, so können die hervorgebrachten Wirkungen mit denen eines Widerstandes verglichen werden. Eben so stellt ein Körper, wenn er in Ruhe ist, der Wirkung einer Kraft, welche ihn aus diesem Zustande bringen will, einen Widerstand entgegen; dieser Widerstand, diese Unfähigkeit des Körpers, sich selbst in Bewegung versetzen, kann also mit einer Kraft verglichen werden, welche nach entgegengesetzter Richtung wirkt. Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet man die Trägheit der Materie als eine Kraft, welche bei der Wirkung derjenigen, von

welchen die Rede sein wird, *mitwirkt*. Aus diesem Grunde erwähnen wir derselben.

Um einen Begriff von der Cohäsion zu bekommen, hat man nur zwei vollkommen glatte Glasscheiben mit Reibung auf einander zu drücken; will man sie sodann trennen, so empfindet man einen mehr oder minder großen Widerstand, der mit der Zeit dergestalt zunimmt, daß man Gläser mit einer so großen Kraft an einander hängen sah, daß man sie eher zerbrochen hätte, als daß man sie trennen konnte. Der nämlichen Ursache muß man gleichfalls die Bildung gewisser Sandsteine, die aus kleinen Quarzkörnern bestehen, die ohne Vermittlung eines Kitts an einander hängen, sowie auch die Erzeugung jener compakten Massen zuschreiben, die sich mit der Länge der Zeit in gleichartigen Pulvern erzeugen, wie Chevreul ein Beispiel davon in sehr zertheiltem Schwefel sah. Diese Erscheinungen, welche jedoch nur bei dem unmittelbaren Contakte stattfinden, zeigen sich, wie dünn auch die Körper sein mögen. Es ist also eine Flächenerscheinung, d. h. eine Erscheinung, die bloß von der Wirkung der Moleküle, welche diese Fläche bilden, herrührt und demnach auf kleine Entfernungen wirkt. Um einzusehen, wie die Cohäsion entweder in der Adhäsion der Scheiben oder in der Erzeugung der Sandsteine mit der Zeit zunehme, muß man annehmen, daß ihre anhaltende Wirkungen die Moleküle zu kleinen Schwingungen veranlasse, vermöge welcher die hervorragenden Theile jeder Fläche in die Zwischenräume der andern eingreifen, woraus eine innigere Annäherung entspringt. Um mit Genauigkeit den Grad des Widerstandes zu schätzen, welchen die Körper mit der Zeit ihrer Trennung entgegenstellen, muß man die Kraft, welche diese zu bewirken strebt, in der Richtung anbringen, wie sie wirkt, d. h. in der auf die Contakt-Flächen senkrechten Richtung. Unter den zahlreichen Er-

scheinungen der Cohäsion führen wir die Kugelgestalt, welche sehr kleine liquide Massen annehmen, die auf eine Fläche geworfen werden, welche keine Wirkung auf dieselbe äußert, und jene Eigenschaft an, welche alle Körper besitzen, nämlich zu krystallisiren, d. h. eine regelmäßige Gestalt anzunehmen, wenn sie mehr oder weniger langsam aus dem liquiden oder gasartigen Zustande in den festen übergehen, wenn keine störende Ursache irgend ein Hinderniß macht. In diesem Falle bildet sich der Krystall aus ähnlichen Molekülen, die sich nur insoweit vereinigen konnten, als sie alle Freiheit hatten, die erforderlichen schwingenden Bewegungen zu machen, damit sie die passenden Flächen einander hinhalten.

Nach der Erklärung, die wir von der Cohäsion gegeben haben, muß diese Kraft in den Gasen Null, oder beinahe Null, in den liquiden Körpern wahrnehmbar sein und ihr Maximum erreichen, wenn die Moleküle den festen Zustand annehmen und der Körper die niedrigste Temperatur besitzt. Aus diesem Grunde vermindert man durch das Erhitzen der Körper die Cohäsion bis zum Punkte ihres Flüssigwerdens. Nur wenige Versuche sind in der Absicht angestellt worden, das Gesetz zu erforschen, nach welchem sich die Abnahme der Cohäsion mit der der Temperatur richtet. Wir werden in dem Kapitel von den Capillarerscheinungen von den Versuchen sprechen, welche in dieser Beziehung auf der einen Seite von Gay-Lussac auf der anderen Seite von uns und E. Becquerel angestellt wurden. Wir werden gleichfalls auf die Cohäsion zurückkommen, wenn wir von der Verwandtschaft sprechen, bei deren Wirkungen sie eine Rolle spielt.

Die Cohäsion ist bei weitem nicht bei allen Körpern dieselbe; sie ist nicht bloß wegen ihrer Natur, sondern auch wegen der Anordnung ihrer Moleküle verschieden. Auf diese Modifikationen welche sie er-

leidet, muß man nicht bloß in allen Körpern, sondern sogar in einem und demselben Körper, jene Eigenschaften beziehen, die man mit dem Namen Härte, Zerbrechlichkeit, Dehnbarkeit, Elasticität bezeichnet, welche nach der Anordnung der Moleküle und der Temperatur verschieden sind und deren Kenntniß für die Bedürfnisse der Künste von so hoher Wichtigkeit ist. Wir wollen die verschiedenen Erscheinungen der Cohäsion aufzählen.

Von der Krystallisation.

Die Cohäsion führt uns natürlicher Weise auf die Untersuchung der Kraft, vermöge welcher sich die ähnlichen Moleküle regelmäßig gruppiren, um Krystalle zu bilden, oder wenigstens der hauptsächlichsten Umstände, welche ihre Wirkung modificiren; denn die Natur der Kraft ist uns gänzlich unbekannt. Eine Substanz, welche in einer Substanz aufgelöst ist, krystallisirt jedesmal, wenn die Flüssigkeit langsam verdunstet, wenn keine Ursache der Wirkung der Aggregationskraft Hindernisse in Weg legt, oder auch wenn sich die Moleküle dieser Substanz, während sie sich langsam setzen, nach den passenden Flächen neben einander legen können; in allen Fällen aber ist die Gestalt des daraus entspringenden Krystalles verschiedener Variationen fähig, wie uns die Natur eine große Anzahl von Beispielen hievon liefert. Beudant, welcher eine zahlreiche Reihe von Versuchen anstellte, um die Ursachen dieser Veränderungen zu bestimmen, fand drei Grundursachen, wovon jede einzeln oder mit den beiden andern wirken kann, was dieser Mannigfaltigkeit von Formen das Entstehen gibt, welche eine und dieselbe Substanz annehmen kann. Folgendes sind diese Ursachen:

1) Die mechanischen Mischungen von fremden Stoffen, welche ein Salz bei seinem Krystallisiren

mit sich nehmen kann; 2) die Natur der Flüssigkeit, in deren Mitte sich die Krystalle bilden und welche durch das Dasein, der festen, liquiden und gasartigen Stoffe, welche aufgelöst und nicht im Stande sind, sich mit der krystallisirenden Substanz zu ververbinden, verschieden sein kann; 3) die Verbindung in veränderlichen Verhältnissen der und der Substanz mit der krystallisirenden. Wir wollen einige Beispiele von dem Einflusse dieser drei Ursachen anführen:

Einfluß der mechanischen Mischungen. Im Allgemeinen bemerkt man in der Natur, daß die Krystalle, welche mechanisch mit Stoffen in mehr oder minder feinen Theilchen vermischt sind, immer eine einfachere Form haben, als die, welche aus einer reinen Substanz bestehen. Die Krystalle des Axinit, des Feldspath sind ein Beispiel davon. Die nämliche Sache ereignet sich, wenn man ein Salz mitten in einem Bodensatze von unzusammenhängenden Stoffen in sehr feinen Partikelchen krystallisiren läßt, und dessen Krystalle immer einen Theil davon mitnehmen, der sich im zerstreuten Zustande in demselben befindet.

Einfluß der Natur der Flüssigkeit. Dieser Einfluß macht sich entweder durch eine Veränderung der Form oder durch die Erzeugung von Zusatzfacetten wahrnehmbar. Das Chlornatrium z. B. krystallisirt fast immer in Würfeln im reinen Wasser, in Würfeln, die an den Winkeln abgestumpft sind, in einer Lösung von Borsäure. Der Alaun nimmt die achtflächige Gestalt an, wenn er in Salpetersäure krystallisirt; die zwanzigflachige in der Salzsäure; thut man in diesem letzteren Falle Thonerde dazu, so erzeugt man mehr oder minder große Kubusflächen. Im reinen Wasser gibt dieses Salz das vollständige Zwanzigflach. Man verändert die Krystallisation mehrerer Salze dadurch, daß man einige Tropfen ihrer Säure in ihre Lösung schüttet u. s. w.

Aehnliche Wirkungen mußten in der Natur bei Bildung der mineralischen Substanzen hervorgebracht werden, welche selten allein krystallisirten. Man bemerkt wirklich, daß eine und dieselbe Mischung im Allgemeinen dieselbe Form annehme, wenn sie von denselben Umständen begleitet ist, und daß sie verschiedene Formen zeigt, wenn sie von verschiedenen Substanzen umgeben ist. So erscheint der Arragonit der Eisengruben in sehr spitzigen pyramidalischen Krystallen; er hat hingegen prismatische Krystalle in dem gypsartigen Thone der Salzlager. Wir könnten noch viele andere ähnliche Beispiele anführen, diese sind aber hinreichend, den Einfluß der gemischten Stoffe auf die Krystallisation zu zeigen.

Einfluß der sich verbindenden Stoffe. Die Modifikationen, welche von diesem Einflusse herrühren, gehören in die nämliche Klasse mit denen, welche von der vorhergehenden Ursache herrühren. So nimmt das schwefelsaure Eisen, das mit schwefelsaurem Kupfer vermischt ist, immer die einfache Form eines schiefen rhomboidalen Prisma an. Das schwefelsaure Nickel zeigt die nämliche Erscheinung, schwefelsaures Zink eine verschiedene u. s. w. Die chemischen Mischungen modificiren gleichfalls die Formen: so krystallisirt z. B. der vollkommen reine Alaun in dem reinen Wasser in ein mehr oder weniger modificirtes Achtflach; läßt man ihn in einer einfachen, ziemlich concentrirten Thonerdelösung krystallisiren, so daß er einen Theil derselben mit sich nimmt, so nimmt er die kubische Gestalt an. Wenn man nun einen Krystall, wie einen Oktaeder von Alaun in eine Lösung bringt, welche gewöhnlich die kubische Gestalt gibt, so wird der erstere zu wachsen fortfahren, aber die kubisch-oktaedrische Form annehmen, um zum Kubus zu gelangen. Aehnliche Erscheinungen mußten sich in der Natur erzeugen und erzeugen sich wahrscheinlich noch, besonders wenn man an der

nämlichen Gruppe verschiedene über einander liegende Formen sieht, was zu beweisen sucht, daß sie nicht den nämlichen Zeiten angehören.

Die Beobachtungen, welche man über die Erzeugung großer und kleiner Krystalle angestellt hat, zeigen uns an, daß im Allgemeinen die ersten gebildet werden, wenn die Auflösung voluminöser ist und die Concentrirung besser geleitet wurde; daß man die zweiten gewöhnlich in kleinen Gefäßen erhält, oder wenn die Lösung verdünnter ist. Man kann indessen einen oder mehrere große Krystalle mit einer nicht sehr voluminösen Lösung dadurch erhalten, daß man die inneren Wände des Gefäßes mit einer Schichte von einem fetten Stoffe überzieht, mit Ausnahme des Ortes, wo man einen Krystall erhalten will. Man kann auch die Lösung in ein enges cylindrisches Gefäß thun, das unten eine kleine Vertiefung hat, wo sich die Krystallisation bewerkstelligt. Vermittelst dieser Einrichtung ist die Lösung immer in dem untern Theile gesättigt, wenn sich keine Krystalle an den Wänden mehr erzeugen, weil, wenn die Lösung unten erschöpft ist, sie unmittelbar durch die der oberen Schichten ersetzt wird.

Es war bis jetzt nur von den Ursachen die Rede, nach welchen sich die Erzeugung der regelmäßigen Krystalle richtet, und durchaus nicht von denen, deren Wirkung mehr oder weniger verwischten Formen das Dasein gibt, welche es nicht immer möglich machen, die regelmäßigen Formen, von denen sie abstammen, zu erkennen. Dieser Theil der Krystallographie ist noch nicht sehr vorangeschritten. Was wir jedoch in dieser Beziehung wissen, ist Folgendes: Um regelmäßige Krystalle zu erhalten, muß die Lösung in einem hinreichenden Zustand der Concentrirung sein, und nichts darf die Krystallisation stören; wird die Verdunstung unterbrochen, oder nimmt die Lösung Wasser aus der Atmosphäre, alsdann runden sich die

Kanten der Krystalle ab und ihre Oberfläche wird runzelig.

Aus einer zu sehr concentrirten Lösung erhält man oft unregelmäßige Gruppen von Krystallen, und wenn sie sich in einer sehr concentrirten Lösung inmitten einer erdigen Materie bilden, so zeigen sie sich ziemlich häufig mit hohlen Flächen und nur die Kanten sind deutlich gebildet. Die natürlichen Krystalle mit hohlen Flächen scheinen sich unter ähnlichen Umständen zu bilden, wie wir eine Probe an den Quarzkrystallen haben, die mitten unter erdigen, nicht zusammenhängenden Materien vorkommen.

Die nadelförmigen Krystalle werden bei gewissen Graden der Temperatur erzeugt; man kann also aus der nämlichen Substanz nach Belieben Nadeln oder vollkommen reguläre Krystalle erhalten; mehrere Salze, z. B. den einfachen schwefelsauren Alaun, kann man in Nadelgestalt erhalten.

Man erhält Dendriten, wenn die salzigen Auflösungen nicht sehr concentrirt sind und die Verdunstung nicht schnell voran geht; in diesem Falle lagern sich die salzigen Moleküle neben einander an den Wänden der Gefäße, und bilden daselbst mehr oder weniger unregelmäßige Vegetationen, welche mit Sträuchern Aehnlichkeit haben.

Beudant hat merkwürdige Versuche angestellt, welche über die Bildungsweise gewisser Kreuzsteine auf die Spur bringen; als er schwefelsaures Natron, doppelt schwefelsaures Kali und Magnesia, weinsteinsaures Kali und Natron u. s. w. mitten in einem Niederschlage von Cyaneisen krystallisiren ließ, so fand er, daß der Theil dieser letzten Substanz, welcher in das Innere des Krystalls durch die krystallisirende Wirkung gezogen wurde, eine viereckige Pyramide mit quadratischer Basis, oder mit einer mehr oder weniger gestreckten rautenförmigen Basis, je nach dem Salze, vorstellt, und dessen Kanten oft Verlängerun-

gen nach den Diagonalen des festen Körpers bilden, indem sie auf seiner Grundfläche ein mehr oder minder deutliches Kreuz abzeichnen. Bisweilen setzt sich auch die blaue Materie in mehr oder weniger von einander entfernten und mit den prismatischen Flächen des Krystalls parallel laufenden Schichten ab.

Es gibt noch zufällige Strukturen, welche von Ursachen herrühren, die wir angeben müssen. Die zuckerförmige Struktur findet bei einer sehr concentrirten Lösung Statt, welche bei ihrem Gerinnen in Masse eine Agglomeration von sehr kleinen Krystallen bildet. Die faserige Struktur ist das Resultat einer Anhäufung von Molekülen in der Richtung der Länge hin, welche Dendriten, oder auch wohl, wenn die Lösung durch Ritzen entweicht, poröse Stoffe bildet. In der Natur findet man Erscheinungen derselben Art, welche unter ähnlichen Umständen erzeugt werden; auf diese Weise füllen die faserigen Substanzen gewöhnlich Ritzen in den Felsen aus. Wir beschränken uns darauf, die allgemeinen Ursachen anzugeben, indem wir uns nicht in das Ausführliche der sehr mannigfaltigen Umstände einlassen können, welche die Wirkungen derselben modifiziren. Wir haben jetzt nur noch zu Ergänzung dessen, was wir über die Ursachen zu sagen haben, welche zu Erzeugung der Krystalle und zu den Modifikationen, welche bisweilen daraus entspringen, beitragen, von denjenigen zu sprechen, welche auf die Veränderung des krystallinischen Systems einen Einfluß ausüben.

Als wir von der krystallinischen Struktur der Körper sprachen, haben wir gesehen, daß eine Substanz in zwei verschiedenen Systemen krystallisiren, und daß zwei Substanzen von verschiedener Natur identische Formen annehmen können. Beudant, welcher versuchte, auf die Ursachen einer Veränderung des krystallinischen Systems zu kommen, fand einige Resultate, welche für die Molekularphysik nicht ohne

Interesse sind. Nach ihm scheinen diese Ursachen von der Natur des Auflösungsmittels abzuhängen. Er spricht sich in dieser Hinsicht folgendermaßen aus, nachdem er daran erinnerte, daß das Wasser oft bis zur Sättigung zwei verschiedene Salze auflösen könne. Dies vorausgeschickt, ereignet es sich gewöhnlich daß: „wenn das Salz, welches man in einer Flüssigkeit auflöst, die schon von einem andern Salze gesättigt ist, das krystallisirbarer als jenes ist, es sich bald in Krystallen absetzt, welche, anstatt die ihnen eigenthümliche Form anzunehmen, die des andern Salzes wählen.“ Der salpetersaure Kalk und das salpetersaure Kali in gesättigter Auflösung befinden sich in diesem Falle; denn das salpetersaure Kali krystallisirt in dem rhomboedrischen Systeme, welches das des salpetersauren Kalkes ist, statt des geraden, rechteckigen, prismatischen Systems, das ihm eigenthümlich ist. Das schwefelsaure Eisen krystallisirt zu einem regulären Oktaeder in einer Lösung, die zu gleicher Zeit viel Alaun und schwefelsaure Magnesia enthält. Als Beudant diesen Gang verfolgte und bei hohen oder niederen Temperaturen operirte, ist es ihm gelungen, eine und dieselbe Substanz in drei verschiedenen Systemen zum Krystallisiren zu bringen. Dadurch ist er auf die Vermuthung gebracht worden, daß die Krystallisation von den krystallisirbaren Substanzen unabhängig und nur das Resultat der plastischen Kräfte der Lösung sei.

Die Wärme allein kann auch eine Veränderung in dem krystallinischen Systeme hervorbringen. Man darf auch wirklich nur die Temperatur gewisser Krystalle erhöhen, um diese Veränderung zu erhalten; wir haben ein Beispiel davon an dem Arragonit, der bei hinreichender Erhitzung in Pulver zerfällt und sich sehr wahrscheinlich alsdann in gewöhnlichen kohlensauren Kalk verwandelt.

Die oktaedrischen Schwefelkrystalle, die man auf

nassem Wege dadurch erhält, daß man Schwefelcarbür, welches Schwefel aufgelöst enthält, verdampfen läßt, gehören zu dem geraden, rechtwinklichten, prismatischen Systeme, während die, welche man auf dem trockenen Wege dadurch erhält, daß man Schwefel schmelzen und ihn sodann langsam erkalten läßt, von schiefen Prismen mit rhomboidaler Fläche herrühren, die mit den ersteren nicht zusammen passen. Diese Krystalle werden, wenn man sie bei der gewöhnlichen Temperatur sich selbst überläßt, undurchsichtig, zerreiblich und verwandeln sich in kleine Oktaeder, die mit ihren Enden an einander liegen. Man könnte eine große Anzahl derartiger Thatsachen anführen; so verliert das rothe Jodquecksilber bei einer Erhitzung von 150 bis 200 Gr. seine rothe Farbe, um die Citrongelbe anzunehmen, eine Veränderung, welche eine neue Molekularanordnung anzeigt. Die geschmolzene arsenige Säure gibt eine glasartige, durchsichtige und ins Gelbe spielende Masse; bei der gewöhnlichen Temperatur sich selber überlassen, verwandelt sie sich nach und nach in eine undurchsichtige Substanz von milchweißer Farbe. Wir führen noch als Beispiele des Dimorphismus die Veränderungen der Farbe an, welche gewisse Körper erleiden, wenn sie erhitzt werden; so geht die bis zum Glühen erhitzte Titansäure von dem Weißen ins grünlich Gelbe, das Quecksilberoxyd von Roth in Violett über, u. s. w.

Alle diese Thatsachen und viele andere, welche wir anführen könnten, beweisen, daß zwei Körper, welche in ihren chemischen Eigenschaften identisch sind, sich uns mit verschiedenen physischen Eigenschaften in Beziehung auf Krystallgestalt, Dichtheit, Härte, Farbe und optische Eigenschaften darstellen können; dies ist der Charakter des Dimorphismus.

Von der Härte.

Die Moleküle eines festen Körpers befinden sich in einer Lage, in welcher sie einer Zustandsveränderung den meisten Widerstand entgegenstellen. Dieser Widerstand begründet die Härte, welche von einem Körper zum andern verschieden ist. Wenn sie, nachdem sie ihre Gleichgewichtslage aus irgend einer Ursache auf einen Augenblick verloren haben, in dieselbe zurückkehren, indem sie eine Reihe isochroner Schwingungen gemacht haben, und der Körper demnach nicht merklich seine anfängliche Gestalt verloren hat, so sagt man, er sei elastisch. Diese Wirkung kann nur in soweit hervorgebracht werden, als die Moleküle nicht aus ihrer Aktivitätssphäre getreten sind; denn gehen sie darüber hinaus, so können sie neue Zustände eines stabilen Gleichgewichts annehmen und der Körper behält die Gestalt, die man ihm gegeben hat. Dies ist der Charakter eines dehnbaren Körpers. Ein fester Körper kann also elastisch oder weich sein; zwischen diesen beiden Zuständen gibt es eine unendliche Menge anderer, aus welchen die Künste große Vortheile gezogen haben. Die Härte, welche eine Folge des Anhängens unter den Molekülen ist, widersetzt sich mehr oder weniger der Kundgebung dieser verschiedenen Eigenschaften, gegen welche die Expansivkraft der Wärme, die sich der Attraktivkraft der Moleküle widersetzt, unaufhörlich ankämpft. Die Figur der Moleküle äußert bei der Cohäsion gleichfalls ihren Einfluß; einen Beweis davon liefern die Erscheinungen des Gefrierens und der Krystallisation. Das Ausführliche, in das wir uns in Beziehung auf die Krystallisation in der historischen Einleitung eingelassen haben, kann keinen Zweifel in dieser Hinsicht übrig lassen.

Man beurtheilt die verschiedenen Grade der Härte eines Körpers mit der Feile und dem Hammer, vor-

züglich aber mit der Feile; denn der Widerstand, welchen die Körper dem Reiben entgegenstellen, zeigt nicht immer eine Fähigkeit an, dem Schlage zu widerstehen. Wir sehen uns also veranlaßt, einen Unterschied unter den harten Körpern zu machen. Wir wollen Glas und Holz nehmen; das erste ist härter als das zweite, und doch gibt es dem Schlage leichter nach, als dieses.

Der Diamant liefert uns ein Beispiel von einer andern Art. Er wird für den härtesten Körper in der Natur gehalten, weil er alle bekannte Substanzen ritzt, und doch spaltet er sich unter den Schlägen des Hammers. Die Sprödigkeit ist das Vermögen gewisser Körper, wie z. B. des Glases, mit mehr oder minder Leichtigkeit unter dem Schlage zu zerbrechen. Körper, welche dieses Vermögen nicht besitzen, sind, wie wir bereits gesagt haben, elastisch, weich u. s. w.

Die Dehnbarkeit ist das Vermögen einer großen Anzahl von Körpern, unter der Wirkung mehr oder minder beträchtlichen Kräfte die Gestalt zu verändern. Bald zeigt sie sich bei der geringsten Anstrengung, wie bei dem Thone, dem Wachse u. s. w. Bisweilen muß man kräftige Mittel anwenden, den Hammer, die Walze und das Zieheisen, wie mehrere Metalle uns Beispiele hiefür liefern.

Metalle, welche nach der Leichtigkeit, mit welcher sie unter dem Hammer bearbeitet, gewalzt und durch das Zieheisen gebracht werden, geordnet sind:

Metalle, die mit dem Hammer bearbeitet werden. Blei, Zinn, Gold, Zink, Silber, Kupfer, Platina, Eisen.

Metalle, welche gewalzt werden. Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Zink, Platina, Eisen.

Metalle, welche durch das Zieheisen kommen. Platina, Silber, Eisen, Kupfer, Gold, Zink, Zinn, Blei.

Da die Temperatur die Moleküle von einander entfernt, so vermehrt sie nothwendig die Dehnbarkeit. Einige Metalle machen jedoch eine Ausnahme; das Kupfer läßt sich schwerer warm, als kalt schmieden; das Blei und das Zinn, welche kalt so dehnbar sind, zerbrechen bei einer Temperatur, die von ihrem Schmelzpunkte nicht sehr entfernt ist.

Von der Elasticität.

Diese Eigenschaft, die wir bereits erklärt haben, wird in allen speciellen Werken mit einer solchen Ausführlichkeit vorgetragen, daß wir nur die allgemeinen Thatsachen anführen wollen, welche für die angewandte Physik von einigem Nutzen sein können. Man unterscheidet drei Arten von Elasticität; die Elasticität durch Zusammendrückung, die einzige, welche die Gase und vielleicht die liquiden Körper, und gleichfalls die festen Körper besitzen; die Elasticität durch Spannung und die Elasticität durch Drehen, welche bloß den festen Körpern eigen sind. Die Elasticität durch Druck wird durch die Thatsache bewiesen, daß die Gase, wenn sie zusammengedrückt werden, bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke genau das frühere Volumen wieder annehmen. Die des liquiden Körpers wird vermittelst eines von Oerstedt erfundenen Apparates, dessen Beschreibung und Anwendung man in allen physikalischen Werken findet, augenscheinlich gemacht. Wir geben hier bloß die Tabelle der Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten, die man bisweilen zu Rathe zu ziehen für nöthig halten könnte. Man hat die Resultate Oerstedt's, und die, welche Sturm und Colladon, welche die größtmöglichste Genauigkeit in ihre Bestimmung brachten, einander gegenüber gestellt.

Tabelle der Zusammendrückbarkeit der liquiden Körper.

Namen der Substanzen.	Zusammendrückbarkeit auf eine Atmosphäre, die auf ein Milliontel des primitiven Volumens berechnet wurde.	
	Colladon und Sturm.	Oerstedt.
Quecksilber	3,38	2,65
Schwefelsäure	30,35	"
Salpetersäure	30,55	"
Schwefelkohlenstoff	"	31,65
Ammoniak	33,05	"
Essigsäure	40,55	"
Wasser, das seiner Luft nicht beraubt ist	47,85	"
Luftfreies Wasser	49,65	46,65
Salpetersaur. Aether	69,85	"
Terpentingeist	71,35	"
Essigäther	77,65	"
Salzsaurer Aether	84,25 für die 1ste Atmosphäre	"
Derselbe	80,60 für die 9te Atmosphäre	"
Alkohol	94,95 für die 1ste Atmosphäre	21,65
Derselbe	91,85 für die 9te Atmosphäre	"
Derselbe	87,35 für die 24ste Atmosphäre	"
Schwefeläther bei 1°	131,35 für die 1ste Atmosphäre	61,65
Derselbe	120,45 für die 24ste Atmosphäre	"
Derselbe bei 11°	148,35 für die 1ste Atmosphäre	"
Derselbe	139,35 für die 24ste Atmosphäre	"

Colladon's und Sturms Resultate stimmen durchaus nicht mit denen des Oerstedt überein; dies rührt von den Korrektionen in Beziehung auf die Verlängerung des Glases her, auf welche die beiden Ersteren bei den direkten Versuchen Rücksicht nahmen.

Die Elasticität der Spannung, an welche sich die Zähigkeit knüpft, zeigt sich, wenn man nach der Richtung ihrer Länge, Drähte, Stangen, Barren von verschiedenen Körpern mit Kräften zieht, welche gewisse Gränzen nicht überschreiten; während man augenblicklich die Länge vergrößert und den Durch=

messer verringert, kehren die Theile in ihre ursprüngliche Gleichgewichtslage zurück, so wie die Zugkräfte zu wirken aufhören; überschreiten diese aber gewisse Gränzen, welche für jeden Körper nach seiner Zähigkeit verschieden sind, so bleiben die Drähte verlängert; überschreiten sie ein gewisses Ziel, so tritt Bruch ein.

Unter dem Zuge nimmt das Volumen des Körpers beinahe um eben so viel zu, als es unter dem Drucke abnimmt. Cagniard Latour hat diese Eigenschaft dadurch augenscheinlich gemacht, daß er einen Kupferdraht zog, der auf eine passende Weise in eine lange mit Wasser gefüllte Röhre gebracht war.

Innerhalb gewisser Gränzen haben die Stangen und Drähte eine vollkommene Elasticität und nehmen Verlängerungen an, die den Zugkräften proportional sind. Savart stellte in dieser Beziehung eine große Menge von Versuchen mit dem Apparate Taf. IX. Fig. 18 an. Die Stäbe, die an ihrem oberen Theile befestigt sind, werden durch Gewichte, die an ihrem unteren Theile angebracht werden, senkrecht gespannt. Die Verlängerung beurtheilt man mit Hülfe eines Kathetometers. Wir liefern hier einige Resultate, welche dieser gewandte Physiker erhalten hat. (Siehe umstehende Tabelle.)

Diese Resultate beweisen wirklich, daß gleiche Verlängerungen gleichen Zügen entsprechen. Nachdem Savart Stäbe durch Punktzeichen von Decimeter zu Decimeter eingetheilt hatte, so fand er, daß bei gleichen Zügen die gleichen Theile eines und desselben Stabes nicht gleiche Verlängerungen annehmen, obgleich sich das Gesetz für den ganzen Stab bestätigte.

Wenn Drähte in Folge eines starken Zuges eine gewisse Verlängerung erhalten haben, so verlieren sie darum ihre Elasticität nicht, denn sie verhalten sich wie in ihrem ursprünglichen Zustande.

Substanzen.	Dimensionen.		Zuggewichte.						
	Gesammt-Länge.	Durchmesser.	0 Kil.	5 Kil.	10 Kil.	15 Kil	20 Kil.	25 Kil.	30 Kil.
			Länge des gemessenen Theiles.						
	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Kupfer .	1,3190	2,77	950,53	950,59	950,65	950,71	950,77	950,84	950,90
Kupfer .	1,3190	2,77	475,25	475,28	475,33	475,36	475,38	475,42	475,45
Kupfer .	1,300	1,30	950,59	950,84	951,16	951,45	951,70	952,00	952,27
Messing .	1,3165	2,90	950,82	950,90	950,97	951,04	951,12	951,20	951,27
Stahl .	1,3184	2,77	950,25	950,29	950,34	950,38	950,41	950,46	950,50
Eisen .	1,3150	2,90	950,50	950,54	950,57	950,60	950,62	950,65	950,68
Glas .	0,976	3,817	936,69	936,76	936,83	936,91	936,96	937,04	937,12
Glas ..	0,939	4,073	937,04	937,12	937,16	937,22	937,27	937,34	937,39
Glas .	0,980	7,55	937,39	937,40	937,43	937,45	937,46	937,48	937,50

Wir geben hier noch die Resultate, welche Savart und Masson, jeder für sich, in Bestimmung der Verlängerung der Kupfer-, Messing-, Eisen- und Stahlstäbe erhalten haben.

(Siehe umstehende Tabelle.)

Diese Resultate zeigen, daß die Verlängerungen auf keine stetige Weise stattfinden, wohl aber durch einen raschen Sprung. Die große Verschiedenheit zwischen Savart's und Masson's Resultaten in Beziehung auf die Messing- und Eisenstäbe scheint nach Masson von der unterbrochenen Verlängerung herzurühren, welche mit der Zeit eine neue Anordnung der Moleküle mit sich führt. Diese Moleküle scheinen ihre Gleichgewichtslage rasch aufzugeben, um eine andere anzunehmen, welche von der Intensität der Kraft abhängt und erst nach Verlauf einer gewissen Zeit stabil ist.

Der Einfluß der Temperatur auf die Elasticität ist nach Masson's Beobachtungen von — 4 Gr. bis + 20 Gr. merklich Null.

Was den Einfluß des Härtens anbetrifft, so hat Coulomb behauptet, daß er gleichfalls Null zu sein scheine. Masson wurde aber in Folge einiger Versuche dahin gebracht, eine Differenz in der Verlängerung des gehärteten Körpers und der der ausgeglühten Feder zu erkennen. Er operirte mit einer Uhrfeder, deren Verlängerung er zuerst maß; nachdem er sie ausgeglüht hatte, so maß er sie abermals, indem er nach einander Lasten von 4 Kilogrammen anwandte.

Mittlere Verlängerung auf 1 Kilogramm:

Gehärtete Feder	1,63 Kub. Millim.
Ausgeglühte Feder . . .	1,739 „ „

Von der Elasticität durch Drehen.

Diese Eigenschaft, welche die feinen Drähte von gewissen Metallen besitzen, besteht darin, daß sie

Lasten.	Messing.				Eisen				Stahl.				Kupfer.	
	S. Länge	Verlängerung	M. Länge	Verlängerung	S. Länge	Verlängerung	M. Länge	Verlängerung	S. Länge	Verlängerung	M. Länge	Verlängerung	S. Länge	Verlängerung
0 Kil.	950.82	..	958,44	...	950,50	..	964,50	...	950,25	...	955,96	...	950,53	..
5	950.90	8	958,504	6,4	950,54	4	964,544	4,4	950,29	4	956,00	4	950,59	6
10	950,97	7	938,60	9,6	950,57	3	954,56	1,6	950,34	5	956,046	4,6	950,65	6
15	951,04	7	938,64	4	950,60	3	964,62	6	950,38	4	956,08	3,4	950,71	6
20	951,12	8	938,726	8,6	950,62	2	954,636	1,6	950,41	3	956,124	4,6	950,77	6
25	951,20	8	958,75	3,4	950,65	3	964,67	3,4	950,46	5	.....	...	950,84	7
30	951,27	7	958,92	4,6	950,65	3	964,72	5	950,50	4	.....	...	950,90	6
35	....	..	958,95	3			*							
Verlängerung Mittlere		7,51		2,285		3		3,66		4,166		4,15		6,166

* Als sich nach 24 Stunden die Temperatur nicht geändert hatte, so fand man abermals 964,72. Man belastete den Stab mit 6 Kilogrammen; die Verlängerung hat sich in einer halben Stunde auf keine merkliche Weise verändert.

nach ihrer Drehung in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren; sie wurde zuerst zu Verfertigung der Drehwage benützt, welche Coulomb zu Bestimmung der elektrischen und magnetischen Attraktions- und Repulsionsgesetze und Cavendish zu Auffindung der Dichtheit der Erde diente.

Wir führen hier die allgemeinen Gesetze der Elasticität durch Drehen an:

1) Wenn man einen Draht mit verschiedenen Gewichten beschwert, so hält er im Allgemeinen in verschiedenen Stabilitätslagen an.

2) Die Schwingungen des Drahtes sind jedesmal isochronisch, wenn ihre Amplitüde nicht eine gewisse Gränze überschreitet, welche von der Natur und von der Länge des Drahtes abhängt; woraus erhellt, daß die Drehkraft dem Drehungswinkel proportional ist.

3) Die Zeiten der Dauer der Schwingungen verhalten sich unter sich, wie die Quadratwurzeln der Gewichte, welche die Drähte spannen. Dieses Gesetz findet nur in soweit Statt, als die Drehkraft eines Drahtes, mit den verschiedenen Gewichten, welche ihn spannen dieselbe bleibt.

4) Die Dauerzeiten der Schwingungen verhalten sich unter einander wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Drähte.

5) Die Dauerzeiten der Schwingungen stehen im umgekehrten Verhältnisse mit den Quadraten der Durchmesser der Drähte.

Alle diese Eigenschaften bezeichnet diese Formel:

$$t^2 = \frac{\pi^2\ pr^2}{2\,gf}$$

π ist das Verhältniß der Peripherie zum Durchmesser 3,141592;
g Schwere zu Paris oder 9^m,8088;
t Dauer einer Schwingung in Sekunden berechnet;
p cylindrisches Gewicht, welches den Draht spannt;
r Radius des Cylinders, dessen Gewicht p ist;
f Drehkraft des Drahtes; oder Kraft, die an dem Ende eines Hebels von einem Meter Länge auszuüben ist, um ihn um einen Bogen gedreht zu erhalten, dessen geradlinichter Werth auch einen Meter beträgt, wenn man ihn auf einer Peripherie mißt, die einen Meter zum Halbmesser hat.

Von der Zähheit.

Die Körper stellen dem Zuge einen mehr oder minder großen Widerstand entgegen; dieser Widerstand mißt die Zähheit, welche wahrscheinlich von der Anordnung der Moleküle abhängt. Um sie zu berechnen, zieht man die in Stäbe oder Prismen geformten Körper nach der Richtung ihrer Länge; indem man mit n die Zahl der Quadratmillimeter des auf der Achse senkrechten Schnittes, mit k die Anzahl der Kilogramme bezeichnet, die erforderlich sind, daß ein Bruch stattfinde, und wenn man annimmt, daß sich die Kraft ganz gleich auf alle Punkte des Schnittes vertheile, so drückt $\frac{k}{n}$ die Kraft aus, welche die Flächeneinheit d. h. auf den Quadratmillimeter aushält: dieser Ausdruck gibt das Maß der Zähheit. Es folgen hier einige Versuchsresultate:

Eisendraht ungefähr .	60	Kilog. auf den Q. Mm.
Stangeneisen . .	45	" " " " "
Eisenblech . .	36 — 40	" " " " "
Stangenstahl .	30 — 40	" " " " "
Gußeisen	14	" " " " "

Schmiedeisen .	30—60	Kilog. auf den Q.-Mm.
Gewalztes rothes Kupfer	21	" " " " "
Glas in Stäb. od. Röhren	2,5	" " " " "
Blei	1,35	" " " " "

Zähheit der Hölzer in der Richtung der Fasern.

Holzarten.	Auf den Q.-Centim. im Augenblicke des Bruchs.
Buchs	1400 Kilogr.
Esche	1200 "
Tanne	900 "
Eiche von Malabar . . .	813 "
Buche	800 "
Eiche	700 "
Birnbaum	690 "
Acajou	560 "

Fünftes Kapitel.

Von der Verwandtschaft.

Man unterscheidet in der Chemie, wegen der verschiedenen hervorgebrachten Erscheinungen, drei Arten von Attraktivkräften, je nachdem die Moleküle ähnlich oder heterogen sind; indessen ist doch anzunehmen, daß sie aus dem nämlichen Principe fließen. Diese drei Arten von Kräften sind:

1) die Cohäsion,
2) die Auflösungskraft,
3) die Verwandtschaft.

Die Cohäsion übt ihre Kraft zwischen den Molekülen desselben Körpers, d. h. zwischen ähnlichen Molekülen aus.

Die Auflösungskraft, die entgegengesetzte von der vorhergehenden, offenbart sich zwischen mehr oder

weniger ähnlichen Molekülen, welche bei ihrer Vermischung ihre individuellen Eigenschaften behalten.

Die Verwandtschaft ist diejenige Kraft, auf welche man alle chemischen Erscheinungen, Zersetzungen u. s. w. bezieht und deren Wirkung sich nur in dem scheinbaren Contakte heterogener Moleküle äußert, sowie die Cohäsion die ihrige nur im Contakte ähnlicher Moleküle kund gibt. Sprechen wir zuerst von der Verwandtschaft.

Es ist ganz begreiflich, daß, je zertheilter die Körper sind, es den Molekülen um so leichter werden müsse, auf einander zu reagiren; dieser Zustand einer großen Zertheilung ist hauptsächlich unerläßlich, wenn die Verwandtschaft schwach ist; denn wenn sie sehr kräftig ist, so wirkt sie sogar unter Körpern im festen Zustande, wie die Entwicklung des Ammoniakgases uns in der zerriebenen Mischung von Ammoniaksalz und Kalk den Beweis davon liefert. Indem der liquide und gasartige Zustand den Molekülen eine größere Freiheit im Wirken gestattet, so begünstigt er die Wirkung der Affinität in einem hohen Grade; es gibt aber noch einen andern Zustand, welcher die Verbindungen außerordentlich erleichtert, dies ist der status nascens, dieser Zustand, in welchem sich die Moleküle in dem Augenblicke befinden, wo sie aus einer Verbindung heraustreten, da wo sie, isolirt, noch nicht mit der Cohäsion im Streite liegen, welche die Wirkung der Verwandtschaft zu schwächen strebt. Vergebens erhitzt man den Wasserstoff mit dem Stickstoffe oder dem Arsenik, um sie mit einander zu verbinden; wenn aber der Wasserstoff im status nascens, in dem Augenblicke, wo er sich von einer Verbidung, z. B. von dem Wasser frei macht, einen von diesen beiden Körpern antrifft, so verbindet er sich mit ihm und bildet Ammoniak oder Arsenhydrat. Wir könnten tausend ähnliche Thatsachen anführen; aber hauptsächlich in der Elektrochemie hat man beständig den

Vortheil über die Elemente der Körper im status nascens zu verfügen und man zieht auch aus demselben, den vorzüglichen Nutzen, eine große Anzahl von Zusammensetzungen zu bilden, welche hervorzubringen der Chemie nicht immer möglich ist. Dieses Isoliren der Moleküle ist eine von den Folgerungen der elektrochemischen Zersetzung; so lange sie stattfindet und im Augenblicke, wo die Moleküle auf den zersetzenden Platten ankommen, haben sie ihre elektrische Eigenschaften, welche nach uns den status nascens bilden.

Wir werden uns durchaus nicht mit der Verwandtschaft beschäftigen, die in ihren Beziehungen zu der Zahl der Elemente, woraus eine Verbindung besteht, betrachtet wird, da dieser Gegenstand schon früher bei dem Vortrage der Theorie der bestimmten Verhältnisse abgehandelt wurde. Hier soll nur von der Verwandtschaft als Kraft, und von den physischen Erscheinungen, welche ihr Wirken begleiten, die Rede sein.

Wenn eine Verbindung bewerkstelligt wird, so ist das erste, was uns auffällt, eine Temperaturerhöhung und sogar eine Lichtentwicklung, wenn die Wirkung sehr energisch ist. Wir erfahren alsdann, daß die Eigenschaften des gebildeten Körpers von denen seiner constituirenden Theile ganz verschieden sind; der Körper nimmt wirklich einen kleineren Raum als den seiner Theile ein; und die Dichtheit ist größer. Man muß jedoch einige Legirungen, wie die des Goldes und Silbers davon ausnehmen, deren Volumen größer ist. Der Geschmack ist nicht mehr der nämliche, eine Folge der Neutralisirung der sauren und alkalinischen Eigenschaften der Elemente. Die Farbe der Mischung ist oft von der ihrer Elemente verschieden, wie die Metalloxyde uns so zahlreiche Beispiele davon liefern. Außer der Wärme- und bisweilen Lichtentwicklung, findet auch noch eine

Elektricitätsentwicklung Statt, welche folgenden Gesetzen unterworfen ist. In allen Verbindungen macht der Körper, der sich wie eine Säure verhält, positive, und derjenige, welcher als ein Alkali wirkt, negative Elektricität frei. Die frei gewordenen Elektricitätsmengen hängen von der Intensität der Verwandtschaft, von dem Leitungsvermögen des auflösenden und von dem des aufgelösten Körpers ab. Diese Erscheinung ist von jeder chemischen Wirkung unzertrennlich und muß fürs Künftige bei einer großen Anzahl von Fällen in Betracht gezogen werden, wo man zum Zwecke hat, eine Verwandtschaft zu erzeugen, wo sie sich nicht äußern konnte. Dies ist hauptsächlich der Zweck, den man sich in der Elektrochemie vornimmt. Für uns sind Verwandtschaft und Elektricität zwei unzertrennliche Dinge. Bei allen bis jetzt beobachteten Erscheinungen stellen uns Verwandtschaft und Elektricität zwei Kräfte vor, welche beständig mit einander wirken und durch so innige Verhältnisse mit einander verbunden sind, daß die eine die Wirkung der andern ergänzen kann und vice versa.

Wir wollen jetzt die Ansichten durchgehen, die in der Chemie über die Verwandtschaft angenommen sind, indem wir mit denen anfangen, welche in der chemischen Statik vorgetragen wurden und welche die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zogen, als dieses wichtige Werk erschien. Wir werden uns genöthigt sehen, uns etwas ausführlicher über chemische Reaktionen einzulassen, um verständlicher zu werden. Nach Berthollet's Ansicht theilen sich, wenn eine Säure in eine salzige Lösung, z. B. die Schwefelsäure in eine Lösung von salpetersaurem Kali geschüttet wird, die beiden Säuren im Verhältnisse zu ihrer Menge in die Base, d. h. in der atomischen Theorie im Verhältnisse zur Zahl ihrer Atome. Es findet sich also in der Auflösung freie Schwefelsäure, freie Salpe=

tersäure, schwefel- und salpetersaures Kali. Wenn aber aus irgend einer Ursache einer dieser Körper weggeschafft wird, so wird nach und nach eine Zersetzung bewirkt. Verflüchtigt man z. B. die Salpetersäure durch Erhitzen, so hält diese Säure der Wirkung der Schwefelsäure nicht mehr das Gleichgewicht, welche alsdann eine neue Menge salpetersauren Kali's zersetzen kann, indem sie Salpetersäure frei macht, und so fort, bis diese letztere Säure gänzlich verflüchtigt ist; es bleibt alsdann nur noch in der Auflösung schwefelsaures Kali und ein Ueberschuß von Schwefelsäure, wenn man eine größere Menge genommen hat, als nöthig war, um alles Kali zu sättigen. Wenn man dagegen eine starke Base, wie Kali oder Natron mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak zusammenbringt, so hat man vollkommen ähnliche Erscheinungen. Ebenso verhält es sich ferner, wenn man zwei salzige Lösungen vermischt; in diesem letzteren Falle findet eine Bildung von vier Salzen Statt, weil jede Säure die beiden Basen unter sich vertheilt.

Operirt man man mit zwei Salzlösungen, welche durch ihre Reaktion einer unlöslichen Zusammensetzung das Entstehen geben, so erzeugt sich in diesem Falle eine äußerst schnelle Reihe von Zersetzungen. Wir nehmen an, man mische eine Lösung Baryt mit einer Kalilösung. In dem Augenblicke, wo die Mischung bewerkstelligt wird, enthält die Flüssigkeit salpetersauren Baryt, salpetersaures Natron, schwefelsaures Natron und schwefelsauren Baryt, der sich sogleich präcipitirt. Unmittelbar darauf findet, da das Gleichgewicht durch die Wirkung dieser Präcipitirung aufgehoben ist, eine neue Reaktion des schwefelsauren Kali auf den salpetersauren Baryt, und eine Präcipitirung des gebildeten schwefelsauren Baryts Statt, und so fort, bis die ganze Zersetzung beendigt ist. Alle diese Reaktionen fallen, wohl verstanden, in

einer unendlich kurzen Zeit vor. Vermittelst dieser Principien, und indem Berthollet der Cohäsion, von der wir sogleich sprechen werden, eine Rolle anwies, ist es ihm gelungen, Thatsachen zu erklären, welche bis auf ihn nicht erklärt werden konnten; man darf sich hiebei aber nicht täuschen; in diesen Principien sind zwei Sachen zu erwägen, das Gesetz, auf welchem sie beruhen, und welches unbestreitbar ist, und die Hypothese, welche dasselbe erklären soll. Diese Hypothese bezieht sich auf die Theilung in bestimmten Verhältnissen bei der Mischung mehrerer Lösungen von Körpern ähnlicher Natur mit mehreren anderen widerstrebenden, die zu jenen kommen.

Um die Wirkung der Kräfte gehörig zu schätzen, welche einen Einfluß auf die Verwandtschaft ausüben, müssen wir damit anfangen, einige Worte von der Kraft der Auflösung zu sagen. Wenn die Verwandtschaft Verbindungen in bestimmten Verhältnissen hervorbringt, und dies ihr wesentlicher Charakter ist, so bildet die Kraft der Auflösung Verbindungen in unbestimmten Verhältnissen, denen man den Namen Auflösung gegeben hat. Diese unterscheidet sich von den Verbindungen in bestimmten Verhältnissen dadurch, daß sie nur dann stattfindet, wenn die Körper nur eine schwache Wirkung aufeinander ausüben, wie die Salze, wenn sie sich im Wasser auflösen. Aus dieser Verschiedenheit zwischen den Wirkungsweisen der Verwandtschaft und der Auflösungskraft, welche daraus fließt, entspringen andere entgegengesetzte, charakteristische Verschiedenheiten.

Anstatt einer Erhöhung, findet eine Erniedrigung der Temperatur Statt; die aufgelösten Körper verlieren ihre Cohäsion, aber sie behalten ihren Geschmack und ihre sauren und alkalinischen Eigenschaften, je nachdem sie neutral, sauer oder alkalinisch sind. Die Trennung der ähnlichen Moleküle in dem Akte der Auflösung, erklärt das Sinken der Tempe-

ratur, sowie man sich auch leicht die Entwicklung der Wärme in den Verbindungen durch die Annäherung bis zum scheinbaren Contakte der heterogenen Moleküle erklärt. Doch könnte es sich bisweilen ereignen, daß sich die Wärmeerscheinungen ganz oder zum Theile neutralisiren, wenn die Auflösungskraft unmittelbar nach der Verwandtschaft wirkt, d. h. wenn die Auflösung nach der Verbindung kommt.

Bei den Auflösungen wird wie bei den Verbindungen eine Elektricitätsentwicklung bewerkstelligt, die folgenden Gesetzen unterliegt: Wenn man eine concentrirte Lösung mit Wasser mischt, so nimmt dieses die negative, und jene die positive Elektricität an; die Lösung verhält sich also in Beziehung auf die hervorgebrachten elektrischen Erscheinungen, wie eine Säure in ihrer Verbindung mit einem Alkali. Eine concentrirte Lösung wirkt ebenso in Beziehung auf eine Lösung von demselben Salze, welche es nicht ist. Diese Erscheinungen hängen von einer Molekularbewegung ab, welche zu erklären bis jetzt unmöglich war. In dem Falle, wo das Salz sauer oder alkalinisch ist, wird die Erscheinung complicirt, weil die Säure oder das freie Alkali bei der Rückwirkung auf das Wasser, solche Erscheinungen hervorbringt, daß das Wasser bei seiner Vermischung mit der Säure die negative Elektricität annimmt, während das Gegentheil mit dem Alkali stattfindet.

Die elektrischen Erscheinungen, welche bei den Verbindungen in bestimmten Verhältnissen, so wie bei denen in unbestimmten Verhältnissen hervorgebracht werden, haben unter sich eine Abhängigkeit, welche eine unter den Ursachen voraussetzen läßt, von welchen diese Verbindungen herrühren, eine Abhängigkeit, welche übrigens allgemein in der Chemie angenommen wurde. Wir fügen endlich bei, daß die Verbindungen in unbestimmten Verhältnissen wie die andern Verbindungen, nicht bloß zwischen den festen

und liquiden Körpern, sondern auch zwischen zwei liquiden, und sogar zwei festen Körpern bewerkstelligt werden. Auf diese Weise löst das Wasser den Alkohol, die Säuren, die Alkali's u. s. w. auf. Die Metalle verbinden sich in jedem Verhältniß durch die Schmelzung, woraus bisweilen Verbindungen in bestimmten Verhältnissen in Lösung in dem Bade entstehen. Auf die Verbindungen in bestimmten oder unbestimmten Verhältnissen influiren drei Ursachen, welche die Wirkung der Verwandtschaft complicirt machen, wenn man sie auf eine absolute Weise zu bestimmen sucht. Diese Ursachen sind die Cohäsion, die Wärme und die Elektricität. Der Einfluß der ersteren ist, wie man sogleich sehen wird, noch ein Gegenstand des Streites unter den Chemikern, während der der Wärme und der Elektricität nicht in Zweifel gezogen werden kann.

Einfluß der Cohäsion.

Diese Kraft, welche dahin strebt, die Moleküle einander zu nähern, wirkt nothwendig der Verwandtschaft eines Körpers zu einem andern, und der Kraft der Auflösung entgegen, während die Wärme dadurch, daß sie jene zu entfernen sucht, die Wirkung von dieser unterstützt. Die Wirkungen der Verwandtschaft sind also der Cohäsion und der Wärme gegenüber complicirt; Gay-Lussac ist aber weit entfernt, in den chemischen Wirkungen den Einfluß der Cohäsion anzunehmen, wie dies bis jetzt die Chemiker gethan haben, denn er schließt ihn ganz aus. Seine Ansichten sind in dieser Beziehung von einer solchen Wichtigkeit, daß wir sie so ausführlich als möglich anführen müssen. Berthollet betrachtete die Cohäsion als eine Kraft, die energisch genug ist, um der Wirkung der Verwandtschaft in Erzeugung von Verbindungen und Zersetzungen das Gleichgewicht zu halten,

eine Kraft, welche nicht bloß *existirte*, wenn ihre Wirkungen wahrnehmbar wären, sondern lange vorher. Er stützte sich in dieser Hinsicht auf folgende Thatsachen: **Einige Augenblicke früher, ehe sich ein liquider Körper in Gas, oder ein Gas in einen liquiden Körper verwandelt, äußern die neuen Zustände, welche diese beiden Körper annehmen werden, bereits einen Einfluß auf die Ausdehnung des ersteren und die Concentrirung des zweiten, und folgen alsdann einer schnelleren Progression, als in einer gewissen Entfernung von diesen Gränzen.**

Gay-Lussac macht darauf aufmerksam, daß man alsdann eine einzige constante Gränze für die Zustandsveränderung annehmen müßte, was nicht stattfinden könne, da ja diese Veränderung bei jedem Drucke, und bei allen Temperaturen bewerkstelligt werde, und daß man bei den Niederschlägen und Auflösungen unmöglich ein früheres Dasein des Cohäsionseinflusses annehmen könne, der sich erst dann äußern könne, wann die Moleküle bereits gebildet sind.

Man nimmt in der Chemie an, daß, wenn sich ein Körper in seinem Auflösungsmittel befindet, der Widerstand, welchen der erstere dem zweiten entgegenstellt, die Unlöslichkeit bilde, welche von der Cohäsion oder der Attraktion der ähnlichen Moleküle der Körper abhängt, die der Wirkung des Auflösungsmittels und ihrer Verwandtschaft für dieses letztere unterworfen sind. Gay-Lussac theilt diese Ansicht nicht. Er gibt folgende Gründe dafür an. Er fängt zuerst damit an, daß er untersucht, worin der Einfluß der Cohäsion auf die Verflüchtigung bestehe, wodurch es ihm möglich wird, sich das leichter zu erklären, was bei den chemischen Erscheinungen vorgeht.

Wenn man einen flüchtigen Körper nimmt, der

sich in den zugänglichen Gränzen der Temperatur als fester und liquider Körper darstellen läßt, wie z. B. das Wasser, und wenn man die elastische Kraft seines Dampfes beim Ausgehen von — 20° bis auf Null sucht, so findet man zuerst, daß sie für das Eis bei Null die nämliche, wie für das Wasser bei derselben Temperatur ist, und daß es sich eben so für jeden andern Grad des Thermometers verhalte, bei welchem man zu gleicher Zeit das Wasser im festen und liquiden Zustande erhalten kann; und doch ist, nach der Art, wie man die Cohäsion betrachtet, diese weit größer in dem Eise als in dem Wasser. Andere, ähnliche Beispiele beweisen gleichfalls, daß kein Verhältniß zwischen der Cohäsion und der Repulsivkraft stattfinde, woraus folgt, daß die elastische Kraft des Dampfes nur durch die Zahl der Wassermoleküle bestimmt würde, die sich bei einer gegebenen Temperatur in einem bestimmten Raume im gasartigen Zustande erhalten können.

Um zu erfahren, welches wohl die Wirkungen der Cohäsion in den Auflösungen sein mögen, wollen wir Körper nehmen, welche die doppelte Bedingung in sich vereinigen, daß sie in einem Auflösungsmittel auflöslich sind und daß sie in zugänglichen Temperaturgränzen als fest und liquid erscheinen können. Kein Salz und keine Säure besitzt diese doppelte Eigenschaft, unter den entzündlichen Körpern aber zeigen das Cetin, das Paraffin und die fetten und festen Säuren keine Anomalie in ihrer Löslichkeit im Alkohol. Bei dem Uebergange aus dem festen in den liquiden Zustand ist die Progression vollkommen stätig und regelmäßig. Da nun die Cohäsion dieser Körper im festen Zustande größer ist, als wenn sie sich im liquiden Zustande befinden und da ihre Löslichkeit in dem Augenblicke des Uebergangs aus einem Zustande in den andern weder vor- noch nachher, so wie an den Uebergängen nicht gestört wird, so kann man daraus schließen, daß sie

von der Cohäsion unabhängig ist. Wir finden die nämlichen Erscheinungen bei den gasartigen Substanzen wieder; so zeigt das Chlor keine Veränderungen in seiner Löslichkeit in dem Augenblicke seiner Zustandsveränderung. Wenn überdies die Cohäsion einen Einfluß auf die Auflösung eines Salzes ausübte, so könnte sich das Auflösungsmittel nie vollständig durch den bloßen Contakt mit demselben sättigen. Alles zweckt also nach Gay-Lussac dahin ab, zu beweisen, daß die Cohäsion durchaus keine Rolle in der Auflösung spielt. Diese ist mit der Temperatur, so wie die Elasticität der Dämpfe verschieden. Die auflösende Wirkung ist ohne allen Zweifel an die gegenseitige Verwandtschaft des Auflösungsmittels und des aufgelösten Körpers geknüpft, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Wirkungen der Verwandtschaft nicht mit der Temperatur veränderlich sind, während die der Auflösung wesentlich davon abhängen, woraus zu erhellen scheint, daß bei der Auflösung wie bei der Verdampfung das Produkt bei jedem Grade der Temperatur durch die Zahl der Moleküle, welche in einem gegebenen Theile des Auflösungsmittel vorhanden sein können, von welchem sie sich aus dem nämlichen Grunde absondern, wie sich die elastischen Moleküle durch ein Sinken der Temperatur niederschlagen, und wahrscheinlich auch, wie diese letzteren durch den Druck und die Reduktion des Volumens des Auflösungsmittels beschränkt wird. Die Auflösung wäre demnach wesentlich in dem Sinne mit der Verdampfung verknüpft, daß beide von der Temperatur abhängen, und sich nach ihren Veränderungen richten, und demnach haben diese beiden Wirkungen eine große Analogie. Sie unterscheiden sich nur dadurch, daß die gasartigen Moleküle, nicht wie die Moleküle eines festen Körpers eines Auflösungsmittels bedürfen, um sich in einem gegebenen Raume zu erhalten, indem ihnen ihre elastische Kraft dieses Vermögen verleiht. Nach der so eben ausgesprochenen

Analogie, und da es unbestrittbar scheint, daß die elastische Kraft des Dampfes eines Körpers durchaus nicht von der Cohäsion abhänge, schloß Gay-Lussac, daß die Auflösung gleichfalls von der Cohäsion unabhängig sei.

Gehen wir jetzt zu der Verbindung über. Wenn man sie mit der Auflösung vergleicht, so findet man, daß diese in jedem Augenblicke mit der Temperatur verschieden ist, während jene sich diesen Verschiedenheiten nicht unterwirft. Diese und die vorhergehende Betrachtung zwecken also dahin ab, den Einfluß zu schwächen, den Berthollet der Cohäsion bei den chemischen Erscheinungen beilegte, ein Einfluß, welcher so beschaffen war, daß, wenn ein Körper einen andern niederschlug, dies nicht immer ein Zeichen von einer Verwandtschaftsüberlegenheit, wohl aber davon war, daß der Niederschlag, welcher die Zersetzung bewirkte, die Cohäsion annehmen mußte.

Aus den so eben angeführten Betrachtungen, welche ohne allen Zweifel sehr wichtig sind, zieht Gay-Lussac den Schluß, daß die Cohäsion nur eine sekundäre Rolle bei dem Niederschlage so wie bei der Auflösung spiele, und daß der Niederschlag beständig ein Beweis einer größeren Verwandtschaft sei, deren Wirkungen die Cohäsion nur anzeigt.

Was die Zersetzungen durch doppelte Verwandtschaft anbetrifft, so theilt Gay-Lussac Berthollet's Ansicht eben so wenig. Er betrachtet jene folgendermaßen. Die bei diesen Zersetzungen gebildeten Präcipitate sind nicht die stabilsten Zusammensetzungen, die, welche die stärksten Säuren und Basen enthalten; eine Menge von Beispielen beweist es. Man kann nun nicht sagen, daß bei einer Mischung von zwei salzigen Auflösungen die stärkste Säure sich immer mit der stärksten Base verbinde. Der Versuch beweist vielmehr, daß die neutralen Salze unab-

hängig von ihren gegenseitigen Verwandtschaften Säuren und Basen austauschen können.

Da auf der andern Seite die Löslichkeit durchaus nicht von der Verschiedenheit der Molekularattraktion in dem festen und liquiden Zustande afficirt wird und der Tausch der Basen in den doppelten Zersetzungen unter verschiedenen Umständen der Löslichkeit, Dichtheit, Schmelzbarkeit, Verflüchtbarkeit stattfindet, so kann nicht einer davon mit Ausschluß der andern die eigentliche Ursache des Tausches sein; dies ist also ein Grund, sie anderswo zu suchen.

Da der Tausch auch weder durch die gegenseitige Verwandtschaft der Säuren und der Basen, noch durch die erwähnten sekundären Ursachen bewirkt wird, welche indessen Trennungen bewirken, so muß man annehmen, daß der Tausch ihnen vorangehe. Um allen diesen Bedingungen zu entsprechen, nimmt Gay-Lussac an, daß in dem Augenblicke der Mischung ein allgemeiner Durcheinander zwischen den Säuren und den Basen stattfinde, d. h. daß sich die Säuren ohne Unterschied mit den Basen und umgekehrt verbinden, wofern nur der Säurung und der Alkalinisirung Genüge geleistet wird. Ist diese Indifferenz für den Austausch (für Aequipollenz) festgesetzt, so lassen sich die durch doppelte Verwandtschaft erzeugten Erscheinungen sehr einfach erklären. Wenn man also zwei Salze mischt, so bilden sich zwei-neue in irgend einigen Verhältnissen mit den ersten, und je nachdem eine von diesen Eigenschaften Unlöslichkeit, Dichtheit, Schmelzbarkeit, Verflüchtbarkeit u. s. w. in Beziehung auf die neuen Salze stärker hervortritt als bei den gegebenen Salzen, wird eine Störung im Gleichgewicht und Trennung eines Salzes, bisweilen sogar mehrerer stattfinden. Gay-Lussac meint indessen, daß dieser Durcheinander nicht immer streng genommen eintrete. Man weiß auch wirklich, daß die Moleküle einer Zusammensetzung ein gewisses kräfti-

ges Beharrungsvermögen der Veränderung entgegen stellen und daß oft Zeit oder eine Erschütterung erforderlich ist, diese Veränderung zu bewerkstelligen; so erhält sich das aufgelöste übergesättigte schwefelsaure Natron bei Temperaturen, die um Vieles niedriger sind, als die, bei welcher es anfangen sollte, dieses Salz fahren zu lassen. Eine Lösung von schwefelsaurer Magnesia und oxalsaurem Ammoniak gibt erst lange nach der Mischung ein Präcipitat; ein rasches Rütteln erzeugt es in einigen Sekunden.

Es ist sehr schwer, den Austausch zwischen den Elementen zweier Salze, deren Lösungen man mischt, zu beweisen, ohne daß eine Bildung eines Niederschlages stattfindet. Man kann sich indessen in einigen Fällen davon überzeugen, wenn man z. B. in eine Mischung einer Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul und einer andern von essigsaurem Natron einen Strom von Schwefelwasserstoff gehen läßt, so erhält man unmittelbar einen Niederschlag von Schwefeleisen, was nur in soweit stattfinden kann, als sich vorläufig essigsaures Eisen gebildet hat.

Die starken Beweise, welche Gay-Lussac aufstellt, um zu zeigen, daß die Cohäsion bei den chemischen Erscheinungen keine so wichtige Rolle spiele, als man bisher geglaubt hat, sind von der Art, von den Physikern in Erwägung gezogen zu werden, die sich mit Untersuchung der Kräfte, welche bei der Bildung der Körper wirken, beschäftigen; wir zweifeln aber, daß es zum allgemeinen Gesetze erhoben werden könne, daß alle chemische Erscheinungen von der Cohäsion unabhängig seien, da man weiß, daß, je schwächer die gegenseitigen Verwandtschaften zwischen zwei Körpern sind, desto größer der Zustand der Zertheilung dieser Körper sein, d. h. die Cohäsionskraft vermindert werden müsse, damit jene wirken können.

Einfluß der Wärme.

Mag nun auch die Art und Weise, mit welcher man die Dazwischenkunft der Cohäsion bei den chemischen Erscheinungen betrachtet, sein welche sie will, so ist es darum doch wahr, daß auf die Moleküle des Körpers zwei entgegengesetzte Kräfte wirken, die Cohäsion und die Wärme, wovon die eine sie einander näher zu bringen, die andere sie von einander zu entfernen sucht. Von dem gegenseitigen Verhältnisse dieser Kräfte hängt der feste, liquide oder gasartige Zustand ab. Trägt die erste den Sieg davon, und nehmen die Achsen der Partikelchen gewisse Richtungen an, so ist der Körper fest. Der Einfluß, den diese Orientirung ausübt, scheint die Ursache der Veränderungen im Volumen oder in der Dichtheit zu sein, welche bei den Krystallisationserscheinungen stattfindet, und bestimmt, wie es scheint, die Stabilität des Gleichgewichts, welches die Agglomeration der Partikelchen eines festen Mediums zeigt, und das nur durch oft sehr beträchtliche Anstrengungen überwunden werden kann. Aus dieser Geneigtheit der Partikelchen, zu Annahme fester Richtungen, geht hervor, daß, wenn man sie aus denselben bringt, sie in dieselbe zurückkehren und eine Reihe von schwingenden Bewegungen machen, die auf die umgebenden Massen fortgepflanzt werden.

Der flüssige Zustand ist durch eine große Verringerung in dem Einflusse, den die Richtung der Achsen auf den Molekularzustand des Körpers ausübt und durch eine Vermehrung der Wärmemengen, die er enthält, kenntlich, was den Molekülen gestattet, sich um einander zu drehen, ohne darum ihre Gleichgewichtslage zu verlieren. In diesem Falle halten Cohäsion und Wärme einander das Gleichgewicht. Wenn endlich die Orientirung der Achsen keinen oder nur einen sehr schwachen Einfluß auf die Gleichgewichtsbedin-

gungen der Partikelchen ausübt und die Wirkung der Wärme den Sieg über die der Cohäsion davon trägt, so ist der Körper gasartig. Die Wärme begünstigt im Allgemeinen die Verbindungen und die Auflösungen dadurch, daß sie die Moleküle trennt, die Cohäsion schwächt. Die innigen Verhältnisse, welche Wärme und Cohäsion verknüpfen, sind so, daß man sich nicht enthalten kann, anzunehmen, daß in dem vorliegenden Falle ihr Einfluß ganz entgegengesetzt sei.

Der zu Hervorbringung der Verbindungen erforderliche Wärmegrad ist nicht bloß mit den Körpern, sondern auch mit dem nämlichen Körper nach seinem Molekularzustande verschieden. Um z. B. die Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Sauerstoffe zu bewerkstelligen, muß man eine um so höhere Temperatur anwenden, je beträchtlicher die Cohäsion ist; daher erfordern auch zuerst der Diamant, sodann das Wasserblei und der Anthrazit zu ihrem Verbrennen eine größere Hitze als die gewöhnliche Kohle, welche ein lockeres Gewebe hat.

Wirkt die Wärme bloß durch Schwächung der Cohäsion oder kann sie nicht die Verwandtschaft dergestalt steigern, daß ihre Energie vergrößert wird? Die Verhältnisse, welche die Verwandtschaft an die Elektricität knüpfen, und andere Gründe, welche wir später anführen werden, erlauben es, den zweiten Theil der Frage bejahend zu beantworten. Was überdies mit dem Silberoxyde vorgeht, ist hinreichend, um die Rolle zu zeigen, welche die Wärme spielen kann. Bei einer gewissen Temperatur wird dieses Oxyd reduzirt; erhitzt man bis zum Schmelzen und darüber hinaus, so gelangt man zu einer Temperatur, wo das Silber den Sauerstoff absorbirt oder sich mit demselben verbindet, der beim Erkalten frei wird. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Wärme in diesem Falle nicht die Wirkung modificire, welche das Silber auf den Sauerstoff ausübte. Trägt die Wärme nicht auch

bisweilen dazu bei, die Verwandschaft gewisser Körper zu modificiren, wenn man sie einer hohen Temperatur aussetzt, wie die Zirkonerde, die Chromoxyde, einige Antimoniate, die Thonerde u. s. w., welche, ohne eine Gewichtsveränderung zu erleiden, die Fähigkeit verlieren, sich mit den schwachen Säuren zu verbinden? Zwar kann man sagen, daß die Wärme eine neue Molekularanordnung bewirke, die sich dem Spiele der Verwandtschaften widersetze; diese Erklärung hebt aber die Thatsache nicht auf.

Die Wärme bringt bisweilen umgekehrte Erscheinungen hervor, d. h. sie widersetzt sich den Verbindungen und hebt sie sogar auf. Diese Erscheinungen treten ein, wenn eine große Verschiedenheit des Expansivvermögens unter den Elementen einer Zusammensetzung stattfindet. Auf diese Weise werden bei einer hinreichenden Temperatur die gasartigen Verbindungen des Wasserstoffs mit dem Kohlenstoffe, Phosphor, Schwefel und Stickstoff zersetzt. Eben so verhält es sich mit einer großen Anzahl Oxyde, besonders solcher, die zu den Metallen gehören, welche eine geringe Verwandtschaft zum Sauerstoffe haben, und welche gleichfalls von der Wärme zersetzt werden. Die Gase, welche nur eine schwache Verwandtschaft zum Wasser haben, lösen sich in demselben nur unter 100° und um so mehr auf, je niederer die Temperatur ist; während die anderen Gase sich in demselben bei allen Temperaturen auflösen. Wir finden derartige Erscheinungen in den Verbindungen von zwei Flüssigkeiten wieder, welche nicht in dem nämlichen Grade flüchtig sind; die Wärme trennt sie, und bei den festen Zusammensetzungen, welche Elemente enthalten, welche den gasartigen Zustand leicht annehmen, sind die Beispiele sehr zahlreich.

Dies ist nicht Alles: es ereignet sich auch noch, daß sich, wenn Verbindungen, wie die organischen Substanzen, welche mehrere gasartige Elemente ent-

halten, durch die Einwirkung der Wärme aufgehoben werden, neue Zusammensetzungen und vorzüglich Ammoniakalprodukte erzeugen, wenn diese Verbindungen stickstoffhaltig sind. Wir fügen noch bei, daß die Verhältnisse zwischen der Wärme und der Verwandtschaft so beschaffen sind, daß, wenn diese nicht die erforderliche Energie besitzt, eine Zersetzung zu bewerkstelligen, die Wärme ihr zu Hülfe kommt. Auf diese Weise wird der schwefelsaure Baryt, welcher bei der gewöhnlichen Temperatur für sich weder durch die Wärme noch durch die Borsäure zersetzt wird, durch diese beiden vereinigten Wirkungen mit Entwicklung von Sauerstoff und schwefeliger Säure zersetzt.

Von dem Einflusse der Menge.

Dieser Einfluß zeigt sich nur in Beziehung auf die Theile, welche die bestimmten Verhältnisse ausmachen, nach welchen sich die Körper verbinden können. Wir wollen sogleich einige Beispiele anführen, um zu zeigen, worin er bestehe. Wenn das zweifach kohlensaure Kali der Wirkung der Wärme ausgesetzt wird, so läßt es die Hälfte seines Gewichts an Kohlensäure entweichen. Die Hälfte, welche zurückbleibt, muß also von der Base stärker angezogen werden, als die, welche frei geworden ist. Man kennt zwei Kalisulfate, in welchen die Schwefelsäure in dem Verhältnisse von 1 zu 2 ist. Behandelt man das erste, welches ein Mischungsgewicht Schwefelsäure enthält, mit Salpetersäure, so erhält man auf der einen Seite ein saures schwefelsaures Salz und salpetersaures Kali.

Es wird also theilweise Zersetzung stattgefunden haben, weil sie stehen geblieben ist, nachdem das Sulfat die Hälfte seiner Base verloren hat. Schließen wir daraus, daß das Kali von zwei Mischungsgewichten Säure stärker angezogen wird, als von einer.

Man könnte viele andere Beispiele anführen, um in den Verbindungen den Einfluß der Mengen, die als bestimmte Verhältnisse zu diesen Verbindungen kommen, zu beweisen. Es ist also hinlänglich bewiesen, daß ein Mischungsgewicht eines Körpers durch 2, 3 eines entgegenwirkenden Körpers stärker verändert wird, als durch ein einziges dieser Mischungsgewichte. Auf diese Weise muß man also heutzutage die Dazwischenkunft der Menge bei den chemischen Wirkungen ins Auge fassen. Wir wollen uns in dieser Beziehung nicht weiter ausdehnen, weil wir bloß mit dem allgemeinen Princip bekannt machen wollten. Für etwas Ausführlicheres verweisen wir auf chemische Werke.

Einfluß des Druckes.

Wenn eine Substanz der Einwirkung der Wärme ausgesetzt ist, oder wenn zwei Substanzen, die bei dem Drucke der Atmosphäre auf einander reagiren, gasartigen Zusammensetzungen das Entstehen geben, so hören, wenn der Versuch unter einem solchen Drucke angestellt wird, daß die Zusammensetzungen den ga-sartigen Zustand nicht annehmen können, die chemischen Wirkungen auf. Wir wollen einige Beispiele anführen. Wenn man in einem verschlossenen, gußeisernen Gefäße kohlensauren Kalk einer sehr hohen Temperatur aussetzt, so hört die Entwicklung von kohlensaurem Gase wegen des Druckes, den das frei gewordene Gas ausübt, bald auf; das Carbonat erleidet alsdann eine halbe Schmelzung, welche es möglich macht, bei dem Abkühlen ein krystallinisches Gewebe anzunehmen. Wenn man in eine sehr starke Röhre eine Mischung von Wasser, Schwefelsäure und Eisenfeile thut, so wird das Wasser anfangs mit Entwicklung von Wasserstoffgas zersetzt; nach und nach nimmt aber die Wirkung ab und wenn das

Gas einen Druck von zwanzig und einigen Atmosphären erleidet, so hört sie gänzlich auf.

Wenn man in dem papinianischen Topfe Wasser auf eine Temperatur erhitzt, die höher als die des Siedens ist, so übt der Dampf, da er nicht entweichen kann, natürlich einen Druck auf die Flüssigkeit aus, der mit der Temperatur zunimmt und sich der gänzlichen Verdampfung widersetzen kann. In diesem Falle bildet der Druck mit der elastischen Kraft des Dampfes ein Gleichgewicht. Cagniard Latour untersuchte, wie sich unter denselben Umständen, der Alkohol, der Schwefeläther und der rektificirte Bergölgeist verhalten. Er brachte zu diesem Ende eine von den drei Flüssigkeiten in kleine Röhren, die er an beiden Enden verschloß. Eine von diesen Röhren, in welche man ungefähr $^2/_5$ ihres Rauminhalts Alkohol von 36° gethan hatte, wurde gradweise erhitzt. Die Flüssigkeit dehnte sich aus; als ihr Volumen verdoppelt wurde, so verschwand sie vollständig und erzeugte einen durchsichtigen Dampf. Als man die Röhre erkalten ließ, so bildete sich eine dicke Wolke und der Dampf wurde liquid. Die andern Flüssigkeiten brachten ähnliche Erscheinungen hervor; als man das Drittel der Röhre mit Wasser füllte, so verlor diese ihre Durchsichtigkeit und zerbrach kurze Zeit nachher. Das Glas ist also bei einer gewissen Temperatur zersetzt worden, indem es sein Alkali an das Wasser abtrat. Diesem Nachtheile wird dadurch vorgebeugt, daß man dem Wasser eine kleine Menge kohlensauren Natrons beifügt. Bei der Temperatur, wo das Zink schmilzt, erhält sich das Wasser in gasartiger Gestalt in einem Raume der viermal größer ist, als das Volumen, welches dasselbe anfänglich hatte.

Cagniard hat den Druck bestimmt, den der Aether und der Alkohol in dem Augenblicke ausüben, wo sich diese Flüssigkeiten plötzlich in Dampf verwandeln.

Der Aether nimmt den *gasartigen Zustand in einem* Raume an, der um das Doppelte *seines ursprünglichen* Volumens kleiner ist: er übt *alsdann einen* Druck von 37 bis 38 Atmosphären *in der* Röhre aus, die ihn enthält.

Der Alkohol braucht, um sich in Dampf zu verwandeln, einen etwas geringeren Raum, als das Dreifache seines ursprünglichen Volumens. Der Druck, den er alsdann ausübt, beträgt 119 Atmosphären. Wenn der Aether in Dampf übergeht, so ist seine Temperatur 160° während die des Alkohols 207° beträgt.

Nach Laplace's Ansichten, welche allgemein angenommen sind, hängt die Form, welche ein Körper annimmt, von dem Verhältnisse von drei Kräften ab, welche in Betracht gezogen werden müssen: 1) von der Attraktion eines jeden Moleküls in Beziehung auf die Moleküle, welche es umgeben und deren Wirkung ist, sie unaufhörlich einander näher zu bringen; 2) von der Anziehung eines jeden Moleküls in Beziehung auf die Wärme, welche die in seiner Nähe gelegenen Moleküle umgibt; 3) von der Repulsion zwischen der Wärme, welche jedes Molekül umgibt, und der, welche die benachbarten Moleküle einhüllt, welche sie zu trennen strebt. Bei den vorhergehenden Erscheinungen muß man auf diese drei Kräfte Rücksicht nehmen, welche beständig kämpfen und deren Wirkungen nicht leicht a priori vorhergesehen werden können.

Von dem Maße der Verwandtschaften.

Wenn eine Kraft einfach ist, so ist nichts leichter, als die verschiedenen Grade ihrer Intensität zu messen; wenn sie aber in Verbindung mit andern Kräften wirkt, welche ihre Wirkungen begünstigen oder hindern, ohne daß man erfahren kann, wie weit sich diese Modifikationen erstrecken, alsdann ändert sich die Frage

ganz und wird zu einer der complizirtesten; dies ist der Fall mit der Verwandtschaft. Diese Kraft ist wirklich unaufhörlich mit der Wärme, der Cohäsion, (der Einfluß dieser letztern ist wahrhaft nachgewiesen worden) mit der Elektricität und sogar in einer großen Anzahl von Fällen mit dem Lichte im Kampfe. Auf der andern Seite wissen wir, daß die Verwandtschaft ihre Wirksamkeit in verschiedenen Körpern nicht in dem nämlichen Grade ausübt. Es haben auch wirklich das Eisen, das Silber u. s. w. größere Verwandtschaft zu dem Schwefel, als das Quecksilber zu demselben hat; daher rührt die alte Benennung Wahlverwandtschaft, die der Verwandtschaft gegeben wurde, vermöge welcher ein Körper zweien andern gegenüber sich lieber zu dem einen als zu dem andern hinneigt. Die aufgelöste schwefelsaure Magnesia wird von dem Kalke zersetzt, so wie das schwefelsaure Kali von dem Baryte; die Schwefelsäure muß also einerseits eine größere Verwandtschaft zu dem Kalke als zu der Magnesia, auf der andern Seite eine größere zu dem Baryte als zu dem Kali besitzen. Diese Verwandtschaften können aber nicht auf eine absolute Weise betrachtet werden, denn man kann sie von der Natur des Auflösungsmittels, seinen Verhältnissen von der Temperatur, bei welcher die Körper reagiren, nicht trennen. Dies sind die Ursachen, welche die Frage über das Maß der Verwandtschaften so complizirt machen, daß sie bis jetzt noch nicht gelöst werden konnte. Wir werden sehen, ob die Elektrochemie uns die Mittel liefern könne, dahin zu gelangen.

Von den Verhältnissen zwischen der Verwandtschaft und der Elektricität.

Um diesen Gegenstand vollständig abzuhandeln, müßte man die Erscheinungen, welche aus der chemischen Wirkung der Elektricität auf die Körper entsprin-

gen, vorgetragen haben; was wir aber in der Einleitung hierüber gesagt haben wird zum Verstehen des Folgenden hinreichend sein.

Rührt die Wirkung der heterogenen Theilchen auf einander und das Permanente ihrer Vereinigung in den Verbindungen, so wie die gegenseitige Wirkung der ähnlichen Moleküle von elektrischen Kräften oder wohl von unbekannten Kräften her, die von den ersten abhängig oder unabhängig sind? Dies ist die wichtige Frage, welche die Physiker und Chemiker seit vierzig Jahren beschäftigt und sie vielleicht noch lange Zeit beschäftigen wird.

Alle bis jetzt beobachteten Thatsachen berechtigen, zu glauben, daß die Wärme aus der Vereinigung der beiden Elektricitäten besteht, vorausgesetzt jedoch, daß sie sich jedesmal in diese beiden Elektricitäten verwandle, wenn ihre Bewegung in den Körpern rasch aufgehalten wird, und umgekehrt, d. h., daß die Elektricität in Bewegung Wärme wird, wenn sie auf Hindernisse stößt, die sich ihrer freien Fortpflanzung widersetzen, eben so wie sich die Wärme in Elektricität verwandelt, wenn sie ein Hinderniß antrifft. Eben so beweisen uns auf der andern Seite die elektrischen Erscheinungen, die in allen chemischen Wirkungen hervorgebracht werden, und die Gesetze, denen sie unterworfen sind, so wie die zersetzende Wirkung der Elektricität, daß innige Verhältnisse zwischen den Verwandtschaften und den elektrischen Kräften und eine solche gegenseitige Abhängigkeit bestehen, daß man mit Hülfe der Verwandtschaften die elektrischen Kräfte erzeugen kann und umgekehrt. Ohne auf alles das zurückzukommen, was wir in Beziehung auf Elektricitätsentwicklung bei chemischen Wirkungen gesagt haben, führen wir bloß an, daß die in dem vorliegenden Falle entwickelte Elektricität eine Wirkung ist, welche aus der Wirkung der Verwandschaften entspringt, eine Wirkung, welche aber in umge-

kehrter Richtung bei den Zersetzungen wieder erscheint, und welche zu gleicher Zeit einen elektrischen Molekularzustand anzeigt, welcher für die Permanenz der Vereinigung der Partikelchen in den Zusammensetzungen unerläßlich ist, weil man durch Aufhebung dieses Zustandes die Verbindungen zerstört. Wenn man ein genaues Mittel hätte, die mit den Molekülen verbundene Elektricität zu messen, so könnte man die Verwandtschaften der Körper vergleichen, weil das Verhältniß zwischen den elektrischen Kräften und der Verwandtschaft so ist, daß, wenn man die Wirkung der ersteren schwächt, man in dem nämlichen Verhältnisse die Wirkung der zweiten vermindert, und daß man durch die Vernichtung der einen die andere zerstört. Es besteht also zwischen ihnen ein solches Verhältniß, daß die einen nicht ohne die andern bestehen können. In dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft sucht alles zu beweisen, daß die Atome oder Elementarpartikelchen der Körper mit einer gewissen Menge natürlicher Elektricität verbunden sind, welche einen Theil ihres Wesens ausmacht, und die sie nicht verlieren können, ohne aufzuhören zu existiren, oder wenigstens, ohne daß ihre chemischen Eigenschaften auf irgend eine Weise modificirt werden. Wenn ein Atom mit einem andern Atome vereint ist, so hat es also außer der zur Erhaltung der Verbindung dienlichen Elektricität eine gewisse Menge natürlicher Elektricität, nach der Rolle die es in der Verbindung spielt, zu seiner Verfügung. Wir sind berechtigt zu glauben, daß die Attraktion zweier entgegesetzter Elektricitäten, die sich in dem Augenblicke zeigen, wo die Verwandtschaft zwischen zwei Atomen wirkt, die Ursache der Vereinigung dieser beiden Atome und demnach der Erhaltung der Verbindung ist. So ist z. B. in der Verbindung eines Atoms Sauerstoff mit einem Atome Wasserstoff das erstere in hohem Grade negativ, das zweite eben so positiv, und die beiden Elektricitäten,

welche diese zwei Atome besitzen sind *latent*, *ohne von dem einen in das andere übergehen zu können*, eine Erscheinung, welche der ähnlich ist, die uns das Elektrophor zeigt, bei welchem der Harzkuchen und die Metallscheibe jedes eine entgegengesetzte Elektricität besitzen, welche durch die Wirkung der andern latent wird. Durch Annahme dieser Sachlage erklärt man alle bisher beobachtete elektrochemische Erscheinungen; man darf aber doch nicht aus dem Auge verlieren, daß der elektrische Zustand eines jeden Atoms nicht der Wirkung der Verwandtschaft vorausgehe, sondern vielmehr auf sie folge, was den Begriff einer positiven oder negativen Elektricität, welche dem Atome vor seiner Verbindung eigenthümlich ist, ausschloß, wie Ampere meinte.

Faraday's Versuche suchen die hohe elektrische Bedingung der Moleküle der Materie in den Verbindungen und die Identität ihrer Elektricitätsmenge mit der zu zeigen, welche zu ihrer Trennung erforderlich ist, so daß die auf ein Zinkäquivalent in einem einzigen Volta'schen Paare, das mit säuerlichem Wasser funktionirt, ausgeübte chemische Wirkung im Stande ist, in Gestalt eines Stromes eine hinreichende Menge Elektricität zu entwickeln, um ein Aequivalent dieser Substanz zu zersetzen. Man ersieht daraus, daß die Elektricitätsmenge, die mit den Partikelchen der Materie verknüpft ist, und die ihnen das Vermögen verleiht, sich zu verbinden, im Stande ist, wenn sie in Gestalt eines Stromes erscheint, diese Partikelchen aus ihrem Zustande der Verbindung zu bringen, d. h. die Elektricität, welche zersetzt, und die, welche durch die Zersetzung eines gewissen Volumens Materie hervorgebracht wird, sind gleich.

Nach der Uebereinstimmung, welche zwischen der Theorie der bestimmten Verhältnisse, und der der elektrochemischen Theorie herrscht, kann man sich nicht enthalten, die äquivalenten Theile der Körper als

Volumina dieser Körper anzusehen, welche gleiche Elektricitätsmengen enthalten, oder gleiches elektrisches Vermögen besitzen. Auf diese Weise haben die Atome der Körper gleiche Elektricitätsmengen, wenn sie verbunden sind. Diese Ansicht muß aber nicht als eine bloße Hypothese, wohl aber als eine genaue Darstellung der Thatsachen angesehen werden.

Die elektrochemische Theorie kann dazu dienen, mehrere Punkte der Chemie aufzuklären. Es ist auch wirklich das Princip des Antagonismus, das von Lavoisier in die Wissenschaft eingeführt wurde, und das man in der neuesten Zeit anzugreifen suchte, durch die elektrochemischen Zersetzungen augenscheinlich gemacht worden; denn der Versuch beweist, daß jedesmal, wenn ein Volta'scher Strom mit hinreichender Energie durch eine Auflösung geht, die zersetzt werden kann, die an die beiden entgegengesetzten Pole gebrachten Elemente zwei vollkommen verschiedene Gruppen, zwei Antagonisten bilden, indem die einen die sauren Elemente oder die sich als solche verhalten, und die andere die alkalinischen Elemente, oder welche als solche wirken, enthält. Ohne auf den Grund des Streites in Beziehung auf die Verbindungen durch Antagonismus zu gehen, wollen wir bemerken, wie, wenn diese Verbindungsweise nicht existirte, es wohl zuginge, daß die elektrochemischen Zersetzungen verschiedener organischer oder unorganischer Zusammensetzungen immer das Besondere an sich tragen, immer in zwei verschiedenen Theilen mit entgegengesetzten Eigenschaften bewerkstelligt zu werden, und die, wenn sie durch die Wirkung der Verwandtschaft oder elektrischer Kräfte vereint werden, wenn keine Bildung sekundärer Produkte stattgefunden hat, diese nämlichen Zusammensetzungen wieder hervorbringen. Führt diese Eigenschaft bei den Verbindungen nicht den Charakter einer Theilung in zwei antagonistische Elemente, wie man es bisher betrachtet hat, mit sich? Zwar geben

sich die organischen Zusammensetzungen nicht leicht zu einer elektrochemischen Zersetzung her, weil die meisten keinen Strom durch sich hindurchlassen, und weil die, welche ihn durchlassen, sekundäre Produkte erzeugen, die es nicht immer erlauben, die direkten Wirkungen der zersetzenden Wirkung des Stroms zu erkennen.

Die elektrochemischen Zersetzungen zeigen sich uns in den Substitutionen, wenn ein elektropositives Element durch ein elektronegatives ersetzt wird, ohne daß darum die Grundeigenschaften der Zusammensetzung geändert werden. Nehmen wir als Beispiel die Essigsäure, in welcher ein Atom Wasserstoff durch ein Atom Chlor ersetzt werden kann, woraus die Chloressigsäure entsteht, deren Grundeigenschaften die nämlichen, wie die der ersten Säure sind. Man kann sich die Frage aufwerfen, ob in diesem Falle die Elektrochemie diese Veränderung geben könne, d. h. ob das elektronegative Radikal durch ein elektropositives ersetzt worden sei. Das Wasserstoff- und Chloratom sind von einer gewissen Menge natürlicher Elektricität umgeben, welche in dem Augenblicke zersetzt werden, wo die Verwandtschaften wirken, so daß jedes Atom nach der Rolle, die es in der Verbindung spielt, positiv oder negativ werden kann. Wenn man die Chloressigsäure der Wirkung des Stroms aussetzt, so findet man, daß sich das Chlor an den positiven Pol begibt, während sich alle andere constituirende Theile der Säure an den negativen Pol begeben, wo sie ein sekundäres Produkt bilden. Der Antagonismus ist also gehörig begründet; muß man aber alsdann die Säure als eine Zusammensetzung aus diesem Produkte und aus Chlor ansehen? Dies ist eine Frage, deren Beantwortung wir den Chemikern überlassen.

Bei dem Vortrage über die zersetzende Wirkung der Elektricität, werden wir den Einfluß der Massen

und das Mittel kennen lehren, womit man hoffen darf, zu dem Maße der Verwandtschaften zu gelangen.

Sechstes Kapitel.

Von den Capillarerscheinungen.

Die organischen Körper sind aus verschiedenen Theilen gebildet, wovon jeder dazu bestimmt ist, Funktionen zu verrichten, die zu Erhaltung des Lebens unerläßlich sind. Diese festen oder weichen Theile sind von Flüssigkeiten von verschiedener Natur durchdrungen, welche in ihrem Inneren ohne sich zu vermischen, wenigstens in gewissen Gränzen cirkuliren, obgleich es Capillarerscheinungen, Erscheinungen der Endosmose gibt, welche aus Wirkungen entspringen, die in dem Contakte der festen und liquiden Theile stattfinden. Es ist sehr wichtig, zu erkennen, aus welchem Grunde die verschiedenen Flüssigkeiten, welche in den zahllosen Kanälen der organischen Körper cirkuliren, sich nicht unter sich vermischen. Man sagt mit Recht, daß die Organisation eines jeden Individuums, Pflanze oder Thier, so beschaffen ist, daß diese Vermischung unter der Herrschaft des Lebens nicht vor sich gehen könne; man sagt aber auch, daß es physische Ursachen gebe, welche in diesem Falle ins Spiel kommen, und zu der allgemeinen Wirkung beitragen. Wir müssen sie also vor Allem untersuchen. Wir wollen mit den Capillarerscheinungen anfangen, indem wir sie auf die allgemeinste Weise betrachten: zuerst in Beziehung auf die Kräfte, welche sie hervorbringen, sodann in Beziehung auf ihre Dazwischenkunft in den natürlichen Erscheinungen.

Jedesmal, wenn ein fester Körper mit einem liquiden in Berührung kommt und von demselben be-

netzt wird, zeigt sich eine *attraktive Wirkung*, vermöge welcher eine Adhäsion zwischen diesen beiden Körpern stattfindet. Auf diese Weise verhält sich das Glas in Beziehung auf das Wasser, den Alkohol und die Oele. Diese Attraktivkraft hat die größte Aehnlichkeit mit der, welche die Verwandtschaften hervorbringt; wie sie bewirkt sie chemische Wirkungen; auf diese Weise haben die Kohle und verschiedene poröse Körper die Eigenschaft, wenn man sie in Wasser taucht, das durch einen Aufguß von Campecheholz, Lackmus u. s. w. gefärbt ist, die färbenden Stoffe in Folge einer größeren Verwandtschaft derselben für den porösen Körper als für das Wasser wegzuschaffen.

Man muß also die Molekularwirkung, die in diesem Falle hervorgebracht wurde, so ansehen, als gehöre sie in die nämliche Klasse mit der, welche die chemischen Wirkungen erzeugt. Die in dem Contakte der festen und flüssigen Körper hervorgebrachte Molekularwirkung spielt demnach eine gewisse Rolle in den Lebenserscheinungen, besonders wenn chemische Wirkungen daraus entstehen. Eben diese Wirkung ist eine von den Ursachen, denen man das Steigen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen zuzuschreiben hat.

Eine Masse Wasser, auf welche nur die Schwere wirkt, nimmt eine solche Gleichgewichtslage an, daß ihre obere Oberfläche senkrecht auf der Richtung der Schwere, das heißt horizontal ist; denn wäre diese Fläche geneigt, so könnte man die Schwere in zwei andere Kräfte zerlegen, die eine in der Richtung der Ebene, die andere senkrecht auf dieser Ebene: die erstere hätte zur Aufgabe, die Moleküle des Wassers längs der Ebene herabzutreiben, bis sie im Gleichgewichte wären: die zweite kann keine Bewegung ertheilen, weil sie durch den Widerstand der Ebene vernichtet wäre. Da nun nach den Voraus-

setzungen die Moleküle der Oberfläche im Gleichgewichte sind, so können sie sich also nicht in einer geneigten Fläche befinden; folglich ist diese Ebene horizontal. Dieser Gleichgewichtszustand wird aber in dem Augenblicke gestört, wo man einen Körper in das Wasser taucht. Ist dieser Körper eine Glasplatte, so steigt das Wasser auf jeder Seite der Fläche der Platte etwas über seinen Spiegel und bildet zwei cylindrische Flächen; operirt man mit einer Glasröhre von sehr kleinem Durchmesser, so steigt das Wasser in dem Innern nach dem Durchmesser der Röhre auf eine mehr oder minder große Höhe, während man außen eine Erscheinung beobachtet, welche der mit der Platte ähnlich ist. Alle Körper, welche wie das Glas von dem Wasser naß gemacht werden, verhalten sich eben so; die Erscheinungen sind aber umgekehrt bei Körpern, welche von Flüssigkeiten, wie z. B. das Quecksilber, nicht naß gemacht werden; es findet alsdann ein Sinken unter seinen Spiegel Statt. Dies ist die Angabe der Capillarerscheinungen, an deren allgemeine Principe wir erinnern wollen.

Der Versuch beweist, daß eine und dieselbe Flüssigkeit in Röhren von verschiedener Natur, aber von gleichem Durchmesser auf die gleiche Höhe steigen, wenn nur ihre Wände naß gemacht werden.

Wenn Röhren von gleicher Natur, aber von verschiedenen Durchmessern sind, so stehen die Höhen, auf welche die Flüssigkeit steigt, im umgekehrten Verhältnisse der Durchmesser.

Demnach muß man vor dem Experimentiren die inneren Flächen reinigen, um sie geschickter zu machen, naß werden zu können. Zu diesem Ende bringt man nach der Natur der Unreinigkeiten, die man in denselben vermuthet, Säuren oder Alkohol hinein. Man wascht sie sodann sorgfältig und macht sie in ihrer ganzen Länge mit der Flüssigkeit naß, mit welcher

man operiren will. Nach dieser Vorkehrung bestimmt man den Durchmesser der Röhren dadurch, daß man Quecksilber hinein thut, mit Genauigkeit die Höhe der Säule mißt und sodann das Quecksilber wiegt.

Das Sinken des Quecksilbers in den Haarröhrchen ist dem nämlichen Gesetze unterworfen.

Man kann das Steigen des Quecksilbers über seinen Spiegel dadurch erhalten, daß man, wie Casbois zu Metz im Jahre 1780 verfährt, welcher machte, daß das Quecksilber an dem Glase adhärirte. Man darf zu dem Ende nur sehr lange Quecksilber in der Röhre kochen lassen. Es bildet sich während des Kochens ein Oxyd, das sich in dem Quecksilber auflöst und diesem letztern die Fähigkeit verleiht, das Glas naß zu machen. Wenn man die Gestalt der oberen Oberfläche des Quecksilbers in den beiden Fällen beobachtet, so sieht man, daß diese Oberfläche vor dem Kochen convex war, daß diese Convexität immer abnahm, und daß sie endlich merklich concav wurde. Daraus zieht man den Schluß, daß die Höhe der Flüssigkeit in den Haarröhrchen im Verhältnisse zu der Gestalt der oberen Oberfläche stehe. Um dieses Verhältniß besser kennen zu lernen, wollen wir folgenden Versuch anführen. Wenn man das Innere einer Glasröhre trocknet, und sie sodann in gleichfalls sehr trockenes Quecksilber taucht, so ist die Convexität, in welche sich die Quecksilbersäule endigt, nicht mehr wahrnehmbar; bringt man aber nur einen einzigen Tropfen Wasser in die Röhre, so tritt augenblicklich ein Sinken des Quecksilbers ein, und die Oberfläche wird convex.

Wenn man vor dem Eintauchen eines Haarröhrchens in Wasser seine Oberfläche mit einem fetten Körper beschmiert, wodurch dasselbe nicht naß werden kann, so sinkt das Wasser anfänglich, und steigt sodann aber auf eine geringere Höhe, als wann seine Wände naß gemacht werden konnten.

Wir wollen noch einige allgemeine Thatsachen

anführen, welche über die Ursachen, auf welche man die Capillarerscheinungen beziehen muß, Licht verbreiten werden. In Beziehung auf dieselbe Flüssigkeit scheinen die Verschiedenheiten des Niveau im direkten Verhältnisse zu den Dichtheiten zu stehen. Die Flüssigkeiten wirken jedoch nicht nach ihrer Dichtheit, denn der Alkohol und die Oele, welche eine geringere specifische Schwere als das Wasser besitzen, steigen nicht so hoch wie dieses.

Die Capillarerscheinungen werden nicht modificirt, wenn man mit der Dicke des Glases wechselt, ohne den inneren Durchmesser der Röhren zu verändern. Diese Thatsache beweist augenscheinlich, daß die Wirkung, welche sie erzeugt, sich nur auf eine unendlich kleine Entfernung von der Oberfläche ausdehnt; über eine gewisse Gränze der Dicke des Glases hinaus, eine Gränze, welche durch den Versuch nicht bestimmt werden kann, übt also der Zusatz materieller Schichten keinen Einfluß auf die Erscheinungen mehr aus.

Man zieht ferner die Folgerung aus dem, daß das Steigen einer Flüssigkeit in Röhren von verschiedener Natur dasselbe ist, wenn nur der Durchmesser der nämliche bleibt, daß das Capillaritätsphänomen oder das Steigen des Wassers noch auf die Wirkung der kleinen Flüssigkeitsschichte die an den Wänden über der Flüssigkeit selbst adhärirt, bezogen werden müsse. Diese Schichte, welche unendlich dünn ist, reicht hin, den Einfluß der materiellen Theilchen, aus denen die Röhren bestehen, wegzuschaffen.

Die Wirkung der Wasserschichte auf das umgebende Wasser ist derjenigen ähnlich, welche angewandt wird, um die Adhäsion zu vernichten, welche hervorgebracht wird, wann Scheiben in Berührung mit dieser Flüssigkeit gebracht werden.

Bei der Erklärung der Capillarerscheinungen muß man demnach Rücksicht nehmen: 1) auf den Durchmesser der Röhren; 2) auf die Eigenschaft ihrer

Wände, ob sie benetzt werden oder *nicht*; 3) *auf die* Wirkung der Flüssigkeitsschichte, welche an der Wand über der umgebenden Flüssigkeit *adhärirt*; 4) *auf die Gestalt* der begränzenden Oberfläche der Säule. Wir verweisen, was die Erklärung der Capillarerscheinungen anbelangt, auf die historische Einleitung.

Die Capillarerscheinungen erlauben es, die Cohäsion, welche die Moleküle der Flüssigkeiten verbindet, mit einer gewissen Genauigkeit zu messen; man muß deßwegen den Versuch und den Calkül zu Hülfe nehmen.

Da Scheiben von beliebiger Natur, deren Oberfläche benetzt wird, alle ganz gleich an der Flüssigkeit adhäriren, bei welcher man sie anwendet, so nimmt man an, daß die nöthige Kraft, um die Adhäsion zu zernichten, genau der gleich ist, welche die Cohäsion der Flüssigkeit mißt. Man erhält dieses Maß auf folgende Weise.

Es werde eine gläserne, kreisförmige Scheibe, die an ihrem Mittelpunkte vermittelst eines Fadens, welcher an dem einen Ende einer Wagschale befestigt aufgehängt ist, in einer horizontalen Lage durch Gewichte, die in die andere Wagschale gelegt werden, erhalten. Nehmen wir nun an, diese Scheibe werde mit einer Flüssigkeit in Berührung gebracht, und stufenweise durch auf einander folgende Vermehrung des Gewichts, welches das Gleichgewicht bewirkt, in die Höhe gehoben, so wird die Flüssigkeit, welche unter der Scheibe liegt, zu gleicher Zeit bis auf eine gewisse Höhe steigen; ist sie bei derselben angekommen, so reißt sie sich von der Scheibe los und nimmt ihr natürliches Niveau wieder an; das Gewicht mißt die Cohäsion.

Wir wollen nun sehen, wie man aus dem Calkül den Werth des Gewichts ableiten kann, wenn man das Steigen der Flüssigkeit in den Haarröhren kennt, deren Durchmesser bekannt ist.

Wenn man nach der Theorie Poissons eine Scheibe anwendet, welche von der Flüssigkeit befeuchtet wird,

so ist das nöthige Gewicht, um die Adhäsion zu überwinden, genau dasjenige der Flüssigkeit, welche von der Scheibe in die Höhe gezogen wurde, d. h. das Gewicht eines Cylinders von derselben Flüssigkeit, der zur Basis, die der Scheibe und zur Höhe das Steigen dieser Flüssigkeit über das Niveau hat, und darum compensirt das Volumen der erhobenen Flüssigkeit, welche außerhalb dieses Cylinders liegt, genau die Verengung der Flüssigkeit, welche unter der Scheibe liegt und von der Krümmung der Capillaroberfläche herrührt. Man hat in diesem Falle für das Gewicht:

$$p = \pi m \left(a r^2 \sqrt{2} - \frac{a^2 r}{3}\right)$$

indem man die mit r^3 dividirten Glieder vernachlässigt; da r ziemlich groß angenommen wurde. In dieser Formel ist

p, das nöthige Gewicht, um die Adhäsion zu überwinden;

m, das Gewicht eines Cubikcentimeters Flüssigkeit;

π, das Verhältniß des Kreisumfanges zum Durchmesser;

r, Radius der Scheibe;

a, die Größe, welche von dem Steigen der Flüssigkeit in einer Haarröhre abhängig ist, ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$h = \frac{a^2}{\alpha} - \frac{\alpha}{3} + \frac{\alpha^3}{3 a^2} (\log. 4 - 1)$$

h ist die Steigung der Flüssigkeit in der Capillarröhre;

α der Radius der Röhre.

Nach den Versuchen von Gay-Lussac, hat man für das Wasser

$r = 5^{cm}, 9163$ $a^2 = 0^{cm}, 151299^{mmc}$ bei der gewöhnlichen Temperatur.

Die vorhergehenden Gleichungen begründen die

Relation, die zwischen p und *h* stattfindet und man hat p = 59^{gr},568.

Die erste Formel stellt mit ziemlicher Genauigkeit die Resultate dar, welche von Gay-Lussac für das Wasser und drei Alkoholmischungen gefunden wurden. Wir geben hier die Höhen, bis zu welchen sie in einer Capillarröhre stiegen, deren Radius α gleich 0^{cm},06472 war, das Wasser und die drei Alkoholmischungen, deren Dichtheiten gleich 0,81961; 0,85950; 0,94153; die des Wassers gleich 1 gesetzt. Diese Höhen sind:

h = 0^{c},91823, h' = 0^{c},93008, h'' = 0^{c},99973

Mit Hülfe der Formel, die p gibt, hat man für das Wasser p = 59^{gr},568, und für den Alkohol p = 31^{gr},137; p' = 32^{gr},878, p'' = 37^{gr},273, während Gay-Lussac durch den Versuch für das Wasser p' = 59^{gr},40 und für den Alkohol p = 31^{gr},08, p' = 32^{gr},87, p'' = 37^{gr},15 fand. Die Uebereinstimmung ist so genügend, als man es nur wünschen kann.

Wenn wir auf die Formel zurückgehen, die den Werth von p gibt, so sehen wir, daß p im direkten Verhältnisse zu m steht, d. h. je mehr die Dichtheit der Flüssigkeit zunimmt, desto größer p^2 wird. In den Versuchen nun, die wir nachher anführen werden, wird bewiesen, daß p weit schneller abnimmt als die Dichtheit; denn von 10° bis zu 70° Centesimalgrade nimmt p beinahe um den vierten Theil seines Werthes ab, während die Dichtheit nur um $^{2}/_{100}$ geringer wird. Demnach scheint die Formel nicht in allen Fällen anwendbar zu sein, man muß also, ehe man sich über eine so delikate Aufgabe ausspricht, mit vieler Genauigkeit die Steigung des Wassers bei verschiedenen Temperaturen in einem Harröhrchen studiren, was wir mit Edmund Becquerel zu thun uns vornahmen.

Indessen theilen wir die Resultate mit, welche wir mit einander erhielten, indem wir durch das oben angegebene Verfahren den Werth von p für das Wasser, je nachdem man seine Temperatur erhöhte, suchten. Wir geben hier die Mittel einer großen Anzahl von Versuchen:

Temperatur des Wassers.	Gewichte, welche angewandt wurden, um die Adhäsion einer Glasscheibe von 8 Centimeter Durchmesser zu vernichten.
12°	25,453
31	23,909
37	21,992
59	20,450
73	19,255

Diese Resultate führen bis jetzt zu keinem Gesetze, nur durch Vervielfältigung der Versuche wird man dasjenige, an welches sie geknüpft sind, kennen lernen können. Man sieht indessen, daß die Cohäsion des Wassers ziemlich schnell von 12° bis zu 73° abnimmt.

Indem wir die allgemeinen Betrachtungen, welche wir über die Capillarerscheinungen gegeben haben, schließen, führen wir einige Worte über die Ansichten Laplace an, die sich auf die Relationen beziehen, die zwischen den Capillarwirkungen und chemischen Wirkungen stattfinden.

Wenn man die Uebereinstimmung vergleicht, welche zwischen den Capillarerscheinungen und den Resultaten des Attraktionsgesetzes der Körpermoleküle besteht, welche sehr schnell so abnehmen, daß sie in den kleinsten wahrnehmbaren Substanzen für unsere Sinne unmerklich wird, so findet man diese Uebereinstimmung so genügend, daß sie die Capillarerscheinungen den Wirkungen auf kleine Entfernung vollständig gleich macht, dieses Gesetz muß dasjenige sein, das die chemischen Verwandtschaften leitet, weil es nicht wie die Schwere an der Oberfläche der Körper stehen bleibt, sondern

indem es über den Contakt hinaus wirkt, auf unmerkliche Entfernungen dringt. Man kann verschiedene Erscheinungen daran knüpfen, welche in den chemischen Phänomenen hervorgebracht wurden. Die Gestalt der Moleküle, die Wärme und andere Ursachen müssen die Wirkungen dieses allgemeinen Gesetzes modificiren.

Nach Laplace hängt der feste Zustand von der Anziehung der Moleküle in Verbindung mit ihrer Gestalt ab, so daß eine Säure, obgleich sie auf eine Base eine geringere Anziehung aus der Entfernung als auf eine andere äußert, sich vorzugsweise mit ihr verbindet und krystallisirt, wenn durch die Form ihrer Moleküle ihr Contakt mit dieser Base inniger ist. Endlich, sagt er, führt alles zu der Vermuthung, daß im gasartigen Zustande der Moleküle, nicht allein der Einfluß der Gestalt der Moleküle, sondern auch der ihrer Attraktivkraft im Verhältniß zu der Repulsivkraft der Wärme unmerklich sind. Diese Moleküle scheinen alsdann nur ein Hinderniß für die Expansion dieser Kraft zu sein; denn man kann ohne die Spannung eines gegebenen Volumens von einem beliebigen Gase zu verändern, mehreren von diesen in diesem Volumen zerstreuten Molekülen eine gleiche Anzahl von Molekülen eines anderen Gases substituiren; diese allgeminen Ansichten werden gegenwärtig noch angenommen. Wir wollen uns jetzt mit den Capillarwirkungen bei den Körpern, welche keine Erscheinungen der Endosmose veranlassen, und folglich bei den meisten unorganisirten Körpern beschäftigen; weil wir das, was die organisirten Körper anbelangt, nur dann anführen können, wenn wir die Theorie ber Endosmose vorgetragen haben.

Von den Capillarwirkungen bei den unorganischen Körpern.

Man muß auf die Capillarität die absorbirende Wirkung beziehen, welche die porösen Körper, wie

auch ihre Natur sein mag, auf die Flüssigkeiten äußern, welche sie befeuchten. Ihre Zwischenräume sind in der That nichts anderes als capillare Räume, in denen eine Flüssigkeit vermöge der combinirten Wirkungen, der Flüssigkeit auf den Körper und der Moleküle der Flüssigkeit auf sich selbst steigt. Wir wollen die Haupterscheinungen der Capillarität zuerst bei den Körpern der unorganischen Natur erforschen.

Die Intensität der absorbirenden Wirkung, welche von einem Körper auf eine Flüssigkeit ausgeübt wird, hängt nothwendigerweise von der Gestalt und der Größe der Poren dieses Körpers, von der Attraktion, welche seine Theile auf die Luft, welche sie enthalten, und von der Wirkung des Körpers auf die Flüssigkeit und von der Flüssigkeit auf sich selbst ausüben, ab; das Phänomen ist demnach sehr complicirt.

Um den Einfluß der Poren sogleich zu zeigen, behaupten wir, daß alle porösen Körper das absorbirende Vermögen nur insofern besitzen, als die Poren nicht gewisse Dimensionen überschreiten, deren Gränzen noch nicht bestimmt wurden. Kalke mit lockerem Gewebe, wie z. B. die von der Umgebung von Paris, lassen sich leicht von einer Flüssigkeit tränken, während die compakten Kalke, der Marmor, der isländische Spath u. s. w. diese Fähigkeit nicht besitzen, so wie die regulären krystallisirten Körper, die Metalle u. s. w. Demungeachtet gehorchen diese letzteren unter einem sehr starken Drucke dem Gesetze der Capillarität. Auf diese Weise hat man es dahin gebracht, trocknende Oele in die gußeisernen Röhren zu bringen, um sie vor der ätzenden Wirkung der gesäuerten Wasser, die sie zu leiten bestimmt sind, zu schützen. Man kann durch dasselbe Mittel Quecksilber durch ein dickes Brett gehen lassen. Dieser Ursache muß man die Erscheinungen zuschreiben, welche durch Abkühlung sehr dichte Steine zeigen, welche metallisches Kupfer enthalten; auf allen Seiten erscheinen an der Oberfläche kupferne

Fasern, wie wenn dieses Metall durch eine unendliche Menge von kleinen Zieheisen gegangen wäre. Manchmal bewirken die Absorptionserscheinungen Zersetzungen, wenn sie in Auflösungen erzeugt werden, die vermöge schwacher Affinitäten verbundene Substanzen enthalten. Die Capillarwirkung kann demnach in gewissen Fällen die chemischen Verwandtschaften überwinden, woraus eine Gasentwicklung, ein Niederschlag oder eine neue Auflösung hervorgeht.

Die thierische Kohle, welche von der Kalcinirung des getrockneten Blutes, des Hornes u. s. w. mit basisch kohlensaurem Kali erhalten, sodann durchgelaugt wird, befindet sich wegen ihres großen, zertheilten Zustandes in den besten Bedingungen um Absorptionserscheinungen mit oder ohne chemische Wirkungen hervorzubringen. Man hat noch keine Tabelle von allen Substanzen gemacht, welche bei der Absorption getrennt werden können, wir wissen nur, daß die präparirte thierische Kohle, vorzüglich auf die färbenden und riechenden Stoffe, wie z. B. auf das Fernambukholz, den Lakmus, den Farbstoff des Weins, die braune Farbe, welche die Salpeterlösungen färbt, den Ruß, den Zucker u. s. w., auf die empyreumatischen Oele die mephitischen Ausdünstungen u. s. w. wirkt. Geglüht besitzt sie dasselbe Absorptionsvermögen nicht mehr, indem sie sich in eine feinkörnige Kohle verwandelt, wenn man sie aber einem zweiten Glühen mit basisch kohlensaurem Kali oder Natron unterwirft, um die organischen Stoffe zu zerstören und ihre Theile zu zertheilen, so erhält sie wieder ihre Thätigkeit wie zuvor. Die Holzkohle verhält sich ebenso, jedoch in einem geringeren Grade und besitzt auch die Eigenschaft, einfache und zusammengesetzte Gase zu absorbiren, besonders wenn sie glühend in ein Quecksilberbad getaucht wurde.

Man verdankt Th. von Saussure eine Reihe von Versuchen über das Absorptionsvermögen der Holz=

kohle, welche bei einer Temperatur von + 12° und unter einem Drucke von 76 Centimeter in verschiedene Gase getaucht wurde. Dieser Körper absorbirte so viel Mal das Gasvolumen, als die folgenden Zahlen angeben:

Ammoniakgas	90
Salzsaures Gas	85
Schwefligsaures Gas . . .	65
Schwefelsäuregas	55
Stickoxydgas	40
Kohlensaures Gas	35
Vierfachkohlenwasserstoffgas .	35
Kohlenoxydgas	9,42
Sauerstoffgas	9,25
Stickstoffgas	7,5
Wasserstoffgas	1,75.

Die Kohle verdankt diese Eigenschaft nur ihrer Porosität, es folgt daraus, daß, wenn sie angefeuchtet wird, sie nicht mehr so viel Gas absorbiren kann; der Versuch hat gezeigt, daß sie nur noch die Hälfte aufnimmt. Aus demselben Grunde entwickelt sich, wenn man auf eine mit Gas gesättigte Kohle Wasser schüttet, ein Theil desselben. In diesem Falle fand Th. von Saussure, daß das entwickelte Gas in folgenden Verhältnissen stehe:

17	Volumen	kohlensaures Gas.
3,25	„	Sauerstoffgas.
6,50	„	Stickstoffgas.
1,1	„	Wasserstoffgas.

Da die Absorptionsphänomene immer von einer Wärmeentwicklung begleitet sind, so findet nothwendig Verdichtung des Gases Statt. Die mit Gas gesättigte Kohle, welche unter den Recipienten einer Luftpumpe gebracht wurde, in welchem man einen leeren Raum erzeugte, bringt ein Fallen der Temperatur hervor, welches davon herrührt, daß die Gase ihren elastischen Zustand wieder annehmen.

Die Eigenschaften, die Gase zu absorbiren, besitzen alle porösen Körper; wir führen hier den Meerschaum, das poröse Holz an, das mehr Wasserstoff als alle anderen Körper, in Beziehung auf ihre allgemeine Absorptionsvermögen, verdichtet. Die Porosität ist eine wesentliche Bedingung haben wir gesagt, sie hat jedoch ihre Gränzen, denn zu große oder zu kleine Poren, verdichten nicht. So absorbirt die Korkkohle, deren Poren sehr weit sind, sowie der Graphit, der im Gegentheile sehr enge Poren hat, durchaus nicht. Die Kohle von Tannenholz hat ein halb so großes Absorptionsvermögen als die gewöhnliche Holzkohle. Wenn man einen großen Theil der Poren durch Pulverisiren zerstört, so vernichtet man zu gleicher Zeit das Absorptionsvermögen. Es ist nicht unnützlich, hier einige andere allgemeine Erscheinungen mitzutheilen: was die Gasmischungen anbetrifft, so stehen ihre Absorptionsmengen im zusammengesetzten Verhältniß mit ihrer Attraktion zu den Körpern; wenn einer dieser letzteren schon mit Gas gesättigt ist und in ein anderes Gas gebracht wird, so treibt dieses einen Theil des anderen aus, um seine Stelle einzunehmen; die Menge der absorbirten Gase ist größer wenn sie gemischt sind, als wenn sie einzeln genommen werden; in diesem Falle üben vielleicht die Affinitäten einen gewissen Einfluß aus. Dieses Resultat bestätigte sich auf der einen Seite bei dem Wasser- und Sauerstoffe, auf der andern bei der Kohlensäure und dem Sauerstoffe. Wenn indessen die Verwandtschaften dazwischen kommen, so sollten Verbindungen bewerkstelligt werden, was sehr selten ist, wie man sich davon überzeugen kann, wenn man das Gas durch die Wärme austreibt; man muß jedoch das Schwefelwasserstoffgas und den Sauerstoff ausnehmen, welche Wasser und einen Niederschlag von Schwefel geben.

Durchsickern und Absorption der Flüssigkeiten.

Die thonhaltigen, kalkigen und andere mehr oder minder poröse Substanzen, bestimmen beim Absorbiren der Flüssigkeiten, welche verschiedene Salze in der Auflösung enthalten, die Formation verschiedener Verbindungen, welche dazu dienen, uns gewisse geologische Phänomene, von denen wir sogleich sprechen wollen, zu erklären.

Das Durchsickern der mit Luft und kohlensauren Gase versehenen Wasser durch gewisse Gesteine, führen oft die Zersetzung dieser Gesteine, besonders derjenigen mit einer Kalkbasis oder welche Schwefelmetalle oder oxydirbare Substanzen enthalten, herbei. Die Kalke mit lockerem Gewebe, wie die der Umgebungen von Paris, befinden sich in diesem Falle, sie zerspringen nicht allein im Winter, wenn sie von Wasser durchdrungen sind, sondern die Wasser lösen auch fortwährend kohlensauren Kalk auf, welchen sie in Höhlen in Gestalt von Stalaktiten und Conkretionen niederschlagen u. s. w.

Es gibt Quellen von eisenhaltigem Wasser, welche kohlensauren Kalk und Eisenoxyd enthalten, die durch das Dazwischentreten der Kohlensäure in Auflösung erhalten werden. Wenn dieses Wasser langsam durch ein Sand- oder Kieslager sickert, welches die Gasentwicklung gestattet, so bildet sich in den Zwischenräumen ein Niederschlag von Eisenoxyd und kohlensaurem Kalke.

Bald verkitten diese beiden Substanzen die kleinen Quarzkörner und bilden wirkliche Puddingsteine, bald entsteht eine Masse von einer unzusammenhängenden lockeren Struktur.

Es ist wahrscheinlich, daß die Wirkung, vermöge welcher die Muscheln, die Hölzer in kohlensauren Kalk,

in Kiesel, sogar in Eisenoxyd verwandelt wurden, der Wirkung einer Flüssigkeit zugeschrieben werden müsse, welche, indem sie durch Sickern in das Innere der Körper dringt, die organischen Theile zerstört und an ihre Stelle die Substanzen zurückläßt, welche sie in Auflösung enthält. Es gibt neuere Lager von diesen Muscheln, welche durch Kalk= oder Kieselerde=Lösungen durchzogen sind, und die im Laufe mehrerer Jahrhunderte keine andere Veränderung als den Verlust ihrer thierischen Materie erlitten haben. Es gibt wieder andere, bei welchen die Muschel verschwand und nur einen Abdruck ihrer äußeren Gestalt oder eine Form ihrer innern Gestalt oder einen Gegen=abdruck von der Muschel selbst hinterlassen hat, indem die Materie, woraus er gebildet ist, aufgelöst wurde. Man kann sich diese verschiedenen Erscheinungen erklären, wenn man den Schlamm, der frisch aus einem Teiche genommen ist, welcher Muscheln enthält, untersucht. Wenn dieser Schlamm thonartig und trocken ist, so sieht man bei dem Zerbrechen desselben, daß die Muschel den Abdruck ihrer äußeren Gestalt zurückgelassen hat. Nimmt man die Muschel hinweg, so findet man, daß sie einen festen Kern von Thon hat, welcher die Form des Innern annimmt und oft von dem Aeußeren verschieden ist.

Wenn der Raum, welcher sich zwischen dem Kern und dem Abdruck befindet, anstatt leer zu bleiben, mit Kalkspath, Kies oder einem anderen Minerale angefüllt ist, so ist die Form eine genaue Darstellung der äußern sowie auch der innern Gestalt der Muschel.

Was die Korallen und Muscheln von kalkiger Natur anbetrifft, welche hernach in Kiesel verwandelt wurden, während sie ihre Organisation beibehalten, wie man sich durch das Mikroskop davon überzeugen kann, so muß diese Metamorphose dem Durchsickern von kiesel= und kohlensäurehaltigen Wassern zugeschrieben werden, welche den Kalk vermittelst der

Säure wegschaffen und die Kieselerde an seiner Stelle gelassen haben.

Professor Gopper aus Breslau hat einige Versuche angestellt, um die Wirkung nachzuahmen, vermöge welcher sich die Umbildungen, die man Versteinerungen nennt, bewerkstelligen. Er brachte zu diesem Ende verschiedene thierische und vegetabilische Stoffe in Wasser, das eine Auflösung von kalk-, kieselhaltigen und Metall-Substanzen enthielt. Nach Verlauf einiger Zeit waren diese Körper theilweise mineralisch. Auf diese Weise behielten sehr dünne Vertikalschnitte einer schottischen Tanne, welche in eine ziemlich concentrirte Auflösung von schwefelsaurem Eisen getaucht, sodann getrocknet und einer Glühhitze ausgesetzt wurden, bis die vegetabilische Materie völlig verzehrt war und nur das Eisenoxyd blieb, ihre ganze Organisation; unter dem Mikroskope betrachtet, nahm man sogar die dieser Pflanzenfamilie eigenthümlichen punktirten Gefäße wahr.

Man kann als unterstützenden Beweis von den absorbirenden Eigenschaften gewisser thonerde- und kalkhaltiger Gesteine, die Gegenwart von Dendriten oder Pflanzengestaltungen von Mangansuperoxyd anführen, die man im Innern von thonerde- und kalkhaltigen Massen, die man zerbricht, findet. Diese Dendriten haben sich nur durch Ablagerungen bilden können, welche von Flüssigkeiten herrührten, die durch die Risse oder Poren der Substanzen eingedrungen sind, besonders aber durch die Risse, weil diese Pflanzengestaltungen häufig einen großen Raum einnehmen. Nachdem das Wasser verdunstet war, haben sich die Substanzen, die es aufgelöst enthielt, je nach der Schnelligkeit der Wirkung niedergeschlagen oder krystallisirt.

Die Thonerde ist vom Wasser durchdringbar, nicht nur in ihrem gewöhnlichen Zustande, sondern auch wenn sie einen gewissen Temperaturgrad erlitten hat,

welcher nicht bis zum Schmelzpunkte geht, besonders wenn sie Kalk oder sonst verglasbare Substanzen enthält. Das Porzellan, welches nur einer mäßigen Glühhitze ausgesetzt wurde, feuchtet sich hinreichend an, damit die elektrischen Ströme durch dasselbe durchgehen können. Daher bedient man sich heutzutage mit dem größten Nutzen dieser Gefäße zu Verfertigung der Säulen mit constanten Strömen und anderer elektrochemischen Apparate, die dazu bestimmt sind, Substanzen, die denjenigen ähnlich sind, welche man in der Erde findet, sowie auch Produkte hervorzubringen, welche dem Chemiker nicht immer zu erzeugen möglich sind.

Die Alkarazas, halbgebrannte Thongefäße, werden im südlichen Spanien und in Aegypten gebraucht, um das Wasser, das sie enthalten, abzukühlen; sie besitzen diese Eigenschaft wegen der Kälte, welche die Verdunstung des Wassers, das fortwährend durch die Poren sickert, erzeugt.

Man muß bis auf einen gewissen Punkt der Capillarität die Salzblumen zuschreiben, welche von basisch kohlensaurem Natron oder Kochsalz gebildet werden, welche den Boden der ungeheuren Sandebenen bedecken, wie man es in zahlreichen Beispielen in Afrika und Asien sieht. Man findet das Natron ebenfalls an der Oberfläche der Erde, besonders aber im Sommer, in einigen niederen Ebenen des alten Continents, nahe an Seen, welche dieses Salz aufgelöst enthalten. Es zeigt sich in Gestalt von Blumen, die Aehnlichkeit mit Schneeablagerungen haben.

Es verhält sich ebenso mit dem Kochsalze; es gibt eine große Zahl von Salzseen auf der Oberfläche der Erde und besonders in den großen Ebenen unserer Continente, wie z. B. am Senegal, in Aegypten, in Abyssinien, in Anatolien, in der Barbarei, in den Wüsten von Arabien, in der Tatarei, in China, in Persien u. s. w., sowie in den Ebenen der Regionen,

welche das kaspische Meer bespült. Das Erdreich, das diese Seen umgibt, ist selbst mit Salz geschwängert, welches sich unter der Gestalt von Blumen während des Sommers zeigt und sich in Salzsümpfe während der Regenzeit verwandelt.

Wir sind berechtigt anzunehmen, daß die großen unterirdischen Wasserbehälter mit der Oberfläche des Bodens in gewissen Gegenden durch die Dazwischenkunft des Sandes, der Thonerde und der für das Wasser durchdringlichen Substanzen in Verbindung stehen; diese Wasser steigen nach und nach durch die Wirkung der Capillarität an die Oberfläche, indem sie Salze mit sich führen, welche sie auf ihrem Wege antreffen, und welche sie, einmal an der Oberfläche angelangt, beim Verdunsten zurücklassen. Der folgende Versuch bestätigt diese Erklärung.

Man bringt in eine Röhre von 5 oder 6 Millimeter Durchmesser im Innern und 1 Decimeter Länge ein, mit einer Auflösung von salpetersaurem Kalke befeuchtetes Thonstück, und umgibt den untern Theil mit Leinwand. Man bringt in den oberen Theil der Röhre eine Auflösung des nämlichen Salzes. Nachdem man ihr oberes Ende mit einem Pfropfe verschlossen hat, bringt man die Röhre in einen passend durchbohrten Kork und verschließt damit eine Flasche, in welchem sich kohlensaures Ammoniak in Stücken befindet. Da das Carbonat flüchtig ist, so reagirt es auf den salpetersauren Kalk in dem Verhältnisse, als er durchsickert, woraus auf der einen Seite salpetersaures Ammoniak, das aufgelöst blieb, und auf der andern Seite kohlensaurer Kalk entstand, welcher in vollkommenen Rhomboedern auf der Leinwand krystallisirte.

Obgleich der Thon die Eigenschaft der Capillarität besitzt, so kann er demungeachtet bis zu einem gewissen Punkte dem Drucke widerstehen, welcher von äußeren Flüssigkeiten im Contakt mit ihm ausgeübt wird, wofern nur dieser Druck nicht eine gewisse

Gränze überschreitet. Begreiflich muß, da die Zwischenräume zwischen den Theilen des Thons ausnehmend klein sind, die Capillarwirkung sehr stark sein, um dem äußeren Drucke zu widerstehen. Aus diesem Grunde kann eine Wasserfläche, die einen artesischen Brunnen speist, zwischen zwei Thonschichten erhalten werden; wir fügen hinzu, daß der Sand, welcher dem Wasser bei demselben Brunnen einen freien Durchgang gestatten will, grobkörnig sein muß, wäre dies nicht, so würde die aufsteigende Kraft sehr vermindert werden; in diesem Falle kann der Sand mit einem Siebe mit großen Oeffnungen verglichen werden.

Wir dürfen auch nicht vergessen, wegen ihrer Anwendung in der Elektrochemie, die Wirkungen anzuführen, welche hervorgebracht werden, wenn von zwei Thonschichten jede mit einer verschiedenen Auflösung angefeuchtet wird. Man sah, daß, wenn der Thon in Contakt mit einer Flüssigkeit ist, er sie nach und nach absorbirt, und auf beträchtliche Entfernungen fortführt. Dieses Fortführen wird jedoch aufgehalten, wenn der Thon, und folglich die Flüssigkeit einer andern Flüssigkeit begegnet, die in ihrer Rückwirkung auf dieselbe unlösliche Zusammensetzungen bildet. Um ein Beispiel davon zu geben, wollen wir eine Uförmige Röhre nehmen, in deren eine Seite man Thon bringt, der mit einer Lösung von Schwefelkalium befeuchtet ist; gießt man eine Auflösung derselben Zusammensetzung darauf, so wird diese durch die Capillarwirkung an den andern Schenkel gehen. Bringt man aber in diesen vorher ein mit schwefel- oder salpetersaurer Kupferlösung befeuchtetes Thonstück, so wird in dem Augenblicke, wo die beiden Thonstücke in Berührung kommen, das Schwefelkalium auf das Nitrat oder Sulfat des Kupfers reagiren, und es wird sich auf der einen Seite Schwefelkupfer bilden, das die Poren des Thones verstopft,

die Capillarwirkung vermindert und selbst krystallisiren kann, wenn die Wirkung sehr langsam ist, und auf der anderen Seite schwefel- oder salpetersaures Kali, das aufgelöst bleibt. Die Flüssigkeiten erleiden alsdann die größten Schwierigkeiten, von einem Schenkel in den andern überzugehen.

Von dem Ausfluß der Flüssigkeiten aus Röhren mit sehr kleinen Durchmessern.

Es darf in diesem Werke von der Bewegung der Flüssigkeiten in Haarröhrchen, oder in Röhren mit sehr kleinen Durchmessern nur aus dem physiologischen Gesichtspunkte die Rede sein, um zu finden, bis zu welchem Punkte die Gesetze, welche den Ausfluß der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen der lebenden Thiere oder den Pflanzen unter dem Einflusse des Lebens bedingen, mit denen identisch sind, nach welchen sich der Ausfluß derselben Füssigkeiten in gläsernen Röhren von sehr kleinen Durchmessern richtet.

Man verdankt Poiseuille äußerst interessante Untersuchungen über diesen neuen Gegenstand, daher soll dieses Kapitel ganz der Darstellung der wichtigen Resultate, die er erhielt, gewidmet sein. Vor diesem Physiologen beschäftigten sich Dubuat, Gerstner und Girard zu einem anderen Zwecke mit Versuchen über den Ausfluß der Flüssigkeiten aus Röhren mit einigen Millimetern Durchmesser, aber ohne die Erscheinung in Fällen zu studiren, welche die Gesetze seiner Erzeugung kennen lehren könnten. Girard ist der einzige, der die verschiedenen Ladungen der Flüssigkeit veränderte, jedoch in sehr gedrängten Gränzen. Poiseuille ging weiter als seine Vorgänger; er faßte die Aufgabe unter dem allgemeinsten Gesichtspunkte auf, um die Phänomene des Ausflusses, welche in der organischen Natur stattfinden, an die der unorganischen zu knüpfen. Er operirte deßwegen nach-

einander mit Röhren, deren innerer Durchmesser sich von 0mm,65 bis 0mm,015 veränderte, und unter bedeutenderen Drucken, als man es vor ihm gethan hatte.

Es findet ein wesentlicher Unterschied in Bezeichnung der Art und Weise Statt, wie der Ausfluß der Flüssigkeiten aus Röhren von einem gewissen Durchmesser, und aus Röhren von sehr kleinen Durchmessern vor sich geht. Aus den ersten fließt die Flüssigkeit mit vollem Strahle ohne Unterbrechung, weil die Verwandtschaft der Flüssigkeit zum Stoffe der Röhre ihren Weg nicht zu verzögern sucht, während bei den zweiten diese Verwandtschaft einen solchen Einfluß auf die Ausflußgeschwindigkeit ausübt, daß der liquide Tropfen, indem er nach und nach an der unteren Oeffnung der Röhre größer wird, nur in dem Augenblicke fällt, wo die Schwere das Uebergewicht erhält, demnach kann der unbedeutendste Umstand die Gleichförmigkeit des Ausflusses verändern. Poiseuille fand wirklich bei zwei aufeinanderfolgenden Versuchen, welche unter Umständen angestellt wurden, die vollkommen identisch zu sein schienen, daß die Ausflußgeschwindigkeiten Differenzen zeigten. Es gelang ihm, diesen Nachtheil zu vermeiden, indem er das Wasser oder die Flüssigkeit, mit welcher man operirte, in das Wasser oder diese Flüssigkeit fließen ließ. Vermittelst dieser Anordnung bildete die Haarröhre, die zum Ausfluß diente, die Verbindung zwischen zwei Behältern, die mit der Flüssigkeit angefüllt, und zwei verschiedenen Drucken unterworfen waren.

Wir geben hier die Beschreibung des Apparates, den Poiseuille bei seinen Versuchen über den Ausfluß anwandte. Dieser Apparat besteht aus drei Theilen, Taf. X. Fig. 1: 1) aus einem gläsernen spindelförmigen Gefäße M; 2) aus einer kupfernen Röhre T, die einerseits mit dem Gefäße M, andererseits oben mit einer Bauchung communicirt, aus welcher drei Schenkel ausgingen, von denen man jeden nach

Belieben mit einem Hahnen schließen konnte. An dem einen dieser Schenkel war eine Druckpumpe angebracht, die dazu diente, die Flüssigkeit, welche ausfloß, unter einen gewissen Druck zu bringen; an einem andern Schenkel befand sich ein freies Luftmanometer, um diesen Druck zu messen; dieses Manometer besteht aus Wasser für den Druck, der geringer ist als der, welcher von einer Quecksilbersäule von 150 Millimeter hervorgebracht wurde und aus Quecksilber für bedeutendere Drucke. Der dritte Schenkel steht in Verbindung mit einem kupfernen Luftbehälter, dessen Wand eine starke Dicke und eine Capacität von ungefähr 60 Litre hat. Die in diesen großen Raum zurückgedrängte Luft übt bei dieser großen Capacität einen merklich constanten Druck auf die Flüssigkeit aus. Der dritte Theil des Apparats besteht endlich aus folgenden Theilen: aus einem horizontalen Haarröhrchen cf, das zum Ausflusse dient und in Communikation mit dem Gefäße M und folglich auch mit den drei Schenkeln, mit Hülfe einer gekrümmten Röhre abcde steht, die in a in geringer Entfernung von dem Boden N des Gefäßes A angelöthet ist, damit die fremdartigen Körperchen, welche häufig auf dem Wasser schwimmen, sich setzen können und keine Störung beim Ausflusse erzeugen. Diese Röhre abcde besteht selbst aus mehreren Theilen: in A befindet sich eine Flasche, welche zwischen zwei diametral gegenüberliegenden Röhren bc und de angebracht ist, die einen innern Durchmesser von ungefähr $^3/_4$ Millimeter haben und wie die Figur anzeigt geordnet sind. Der rechtwinklich gekrümmte Theil de endigt sich in eine sphäroidische Bauchung, an welche das Haarröhrchen cf paßt. Die Löthung wird ziemlich sorgfältig gemacht, damit die capillare Höhlung bei ihrem raschen Ausdehnen in Verbindung mit der der Bauchung e stehe. Diese Bauchung dient dazu, die Länge des Haarröhrchens mit Genauigkeit zu bestimmen.

Man hat noch zwei andere Zeichenpunkte m und n nöthig, welche ungefähr 2 Millimeter von der Flasche liegen, deren Capacität und die der beiden Theile der vertikalen Röhre bestimmt werden müssen. Endlich befindet sich in einiger Entfernung von dem Apparate ein horizontales Fernrohr, das mit einem Netze versehen ist und sich längs einer vertikalen Wand bewegt; es dient dazu, von ferne die Zeichenpunkte m und n zu beobachten. Da der Ausfluß in dem Wasser selbst vorgehen muß, so taucht man zu diesem Ende die Röhre cf so wie die Flasche in ein Gefäß, das mit dieser Flüssigkeit angefüllt ist, dessen Niveau ein Millimeter über dem Striche m steht, um diesen Strich beobachten zu können. Damit die Temperatur sich während der Dauer des Versuchs so wenig als möglich ändere, bringt man das Gefäß in eine Wanne voll Wasser von derselben Temperatur. Die Haarröhrchen müssen so gewählt werden, daß sie möglichst cylindrisch sind und ihr Durchmesser muß mit der größten Sorgfalt bestimmt sein.

Sind diese Anordnungen getroffen, so schreitet man zu den Versuchen auf folgende Weise. Man fängt damit an, das Haarröhrchen in eine Flasche zu bringen, welche die auszufließende Flüssigkeit enthält und vermittelst einer Saugpumpe füllt man das kleine Fläschchen, so wie die Röhre, die über ihr bis gegen a hin liegt, damit an. Ist dies geschehen, so schraubt man die Pumpe ab und ordnet den Apparat an, wie er weiter oben beschrieben wurde, nachdem man jedoch die Luft des Behälters bis zu dem Drucke comprimirt hat, bei welchem man operiren will. Man richtet hierauf das Fernrohr auf den Zeichenpunkt m und in dem Augenblick, wo das Niveau der Flüssigkeit an diesen Punkt kommt, läßt man einen Sekundenzähler gehen und richtet sodann das Fernrohr auf den zweiten Zeichenpunkt. Man notirt die Temperatur und den Druck vermittelst

des Manometers. Wenn das Fläschchen auf dem Punkte ist, sich auszuleeren, so sieht man durch das Fernrohr und beobachtet den Augenblick, wo das Niveau der Flüssigkeit bei dem zweiten Zeichen angelangt ist. Man notirt die Anzahl der Sekunden, welche von dem Wege zum ersten verflossen sind und mißt den Druck; da er sich während der Dauer des Versuchs wenig ändert, so reicht es hin, das Mittel zwischen zwei Beobachtungen zu nehmen, um einen Druck zu haben, der ziemlich derselbe ist.

Beim Ausflusse der Flüssigkeiten aus Röhren mit sehr kleinen Durchmessern muß man mehrere Umstände berücksichtigen: 1) den Einfluß des Drucks auf die Menge Flüssigkeit, welche bei derselben Zeit ausfließt; 2) die Länge der Röhren und ihren inneren Durchmesser.

Wir wollen nach der Reihe die Resultate durchgehen, welche Poiseuille erhielt, indem er mit diesen drei Bedingungen, d. h. dem Druck, der Länge der Röhre und ihrem Durchmesser abwechselte. Im ersten Falle bestimmte er zuerst die nöthige Zeit, damit dasselbe Fläschchen sich leere, indem er immer dieselbe Temperatur anwandte, und wurde auf das Resultat geführt, daß bei der nämlichen Röhre die Mengen Wasser, welche in derselben Zeit ausfließen, dem Drucke proportional sind.

Um den Einfluß der Länge und den des Diameters der Röhre kennen zu lernen, ersetzte er die, welche bereits gedient hatte, durch andere, deren Dimensionen vollkommen bekannt waren. Die folgenden Resultate beweisen, daß über eine gewisse Länge hinaus das Gesetz der Drucke nicht mehr stattfinde und daß der Werth dieser Gränze mit dem Durchmesser veränderlich ist. Die Uebereinstimmung, welche zwischen den Resultaten des Versuchs und denen der Rechnung herrscht, zeigen vollkommen die Genauigkeit dieses Gesetzes.

Länge der Röhre 75^{mm},8, mittl. Durchm. 0^{mm},142.

Druck in Quecksilber		gebrauchte Zeit	berechnete Zeit
51^{mm}	,068	20085″	19835″,0
97	,764	10361	
147	,832	6851	6851 ,9
193	,632	5233	5231 ,2
387	,675	2612,5	2612 ,8
788	,715	1372,5	1371 ,2
774	,676	1308	1307 ,6

Länge der Röhre 75^{mm},05, mittl. Durchm. 0^{mm},113.

55^{mm}	,286	21430″	21399″,2
97	,922	12079	12081 ,8
148	,275	7981,5	797 ,9
193	,947	6100,0	
387	,695	3052	3051 ,6
739	,467	1600	1599 ,9
774	,691	1526,5	1526 ,7

Länge der Röhre 50^{mm},225, mittl. Durchm. 0^{mm},043.

54^{mm}	,785	35460″	
55	,796	34798	34817″,5
99	,508	19517	19522 ,8
149	,219	13021	13018 ,9
192	,907	10071	10070 ,5
386	,555	5025	5025 ,6
774	,617	2506	2507 ,8

Länge der Röhre 2^{mm},10, mittl. Durchm. 0^{mm},029.

24^{mm}	,301	5651″	5645″,3
49	,994	2751	
96	,123	1426	1427 ,2
148	,307	925	925 ,0
193	,357	707	709 ,5
386	,852	354	354 ,6
773	,223	178	177 ,4

Länge der Röhre 364mm, mittlerer Durchmesser 0mm,1316.

Druck in Quecksilber		gebrauchte Zeit		berechnete Zeit
54mm,987	. .	8590″	. .	8598″,2
210 ,129	. .	2250	. .	
419 ,645	. .	1125,7	.	1126 ,6
835 ,565	. .	565	. .	565 ,8
1576 ,000	. .	286	. .	
2338 ,376	. .	197,5	. .	202 ,1
3095 ,540	. .	154	. .	152 ,7
3856 ,939	. .	123	. .	122 ,8
4616 ,534	. .	106,25	. .	102 ,4
5376 ,533	. .	88,25	. .	87 ,9
6136 ,534	. .	77,50	. .	77 ,0

Diese Resultate machen das Gesetz der Drucke, welches sich nach den Versuchen Poiseuille's unter eine gewisse Länge der Röhre hinaus nicht mehr bestätigt, augenscheinlich. Eine Röhre von 0mm,029 Durchmesser liefert es noch, wenn die Länge auf 2mm,10 reduzirt ist, während eine Röhre von 0mm,65 Durchmesser es nur für eine Länge von 200mm zeigt.

Gehen wir zu dem Falle über, wo der Durchmesser derselbe bleibt, aber die Länge der Röhre sich verändert. Die Unmöglichkeit mit Röhren, deren Durchmesser der ganzen Länge nach derselbe ist, zu operiren, macht, daß bei Verkürzung derselben, der Durchmesser der Ausflußmündung nicht immer derselbe ist. Um diesen Nachtheil wegzuschaffen, bestimmt man mit der hellen Kammer, die an dem Mikroskope des Amici angebracht ist, die Durchmesser jeder neuen Abtheilung, wodurch es möglich wird, die kleinen Korrektionen anzubringen, die der Verschiedenheit des Durchmessers zugeschrieben werden müssen, indem man das Gesetz berücksichtigt, von dem wir im Augenblicke reden werden, nach welchem sich der Ausfluß der Flüssigkeit mit dem Durchmesser ändert.

Poiseuille wurde auf das folgende Gesetz geführt, das den Ausfluß leitet, wenn man die Länge, jedoch über eine gewisse Längengränze, verändert, welche die nämliche, wie für das erste Gesetz zu sein scheint.

Die Zeiten, welche zum Ausfluß einer und derselben Flüssigkeitsmenge, bei derselben Temperatur, unter demselben Drucke und durch Röhren von demselben Durchmesser verwandt wurden, sind der Länge der Röhren proportional, d. h. die Wassermengen, welche in der nämlichen Zeit ausfließen, stehen im umgekehrten Verhältnisse zu der Länge.

Betrachten wir endlich den Fall, wo der Durchmesser der Röhre veränderlich ist. Wenn es äußerst selten ist, vollkommen cylindrische Röhren zu finden, so ist es nicht weniger selten, solche mit vollkommen kreisförmigem Querschnitte zu finden. Um so viel als möglich diesen Nachtheil zu vermeiden, bestimmte man mit der hellen Kammer die Länge der größten und kleinsten Durchmesser und das geometrische Mittel der beiden Bestimmungen wurde zum Durchmesser des kreisförmig angenommenen Schnittes genommen.

Poiseuille experimentirte mit Röhren, welche hinreichend lang waren, um den beiden ersten Gesetzen zu genügen, indem er sodann von dem Gesetz der Längen ausging, berechnete er die Produkte des Ausflusses, um eine und dieselbe Länge der Röhren, nämlich die von 25 Millimetern, zu bekommen.

Der constante Druck, bei welchem er operirte, ist 775 Millimeter Quecksilber, und die Temperatur 10°.

Wir geben hier das aus den Versuchen abgeleitete Gesetz.

Die Wassermengen, welche unter übrigens gleichen Umständen ausfließen, verhalten sich wie die vierten Potenzen der Durchmesser. Die in der folgenden Tabelle angegebenen Resultate zeigen wirklich die Genauigkeit dieses Gesetzes.

Bezeichnung der Röhre.	Mittlerer Durchmesser.	Produkte in Cubikmillimeter, welche in 500″ ausgeflossen sind.
M . . .	0^{mm},013949 . .	1^{cm},4648
E . . .	0 ,029380 . .	28 ,8260
D . . .	0 ,043738 . .	141 ,5002
C . . .	0 ,085492 . .	2067 ,3912
B . . .	0 ,113400 . .	6398 ,2933
A . . .	0 ,141600 . .	15532 ,8451
F . . .	0 ,652170 . .	6995870 ,2463

Indem man diese Produkte paarweise miteinander vergleicht, so sieht man, daß sie dem vorher angegegebenen Gesetze genügen.

Das Produkt der Röhre M verglichen mit dem der

Röhre	E ist	1,4650	anstatt	1,4648
E . .	D „	28,808	„	28,826
D . .	C „	141,63	„	141,500
C . .	B „	2066,93	„	2067,391
B . .	A „	6389,24	„	6398,293
A . .	F „	15547,10	„	15532,865

Nachdem man nun eine große Zahl von Resultaten miteinander verglichen hatte, so konnte man die Formel aufstellen, welche das Produkt des Ausflusses ausdrückt. Diese Formel ist $Q = K \frac{HD^4}{L}$ indem Q das Produkt des Ausflusses, H den Druck, D den Durchmesser der Röhre und C seine Länge, K einen constanten, von der Temperatur abhängenden Coefficienten bezeichnet, welcher immer für die Röhren von sehr kleinen Durchmessern, die wir so eben betrachtet haben, empirisch bestimmt wurde, und deren Werth ist (indem T die Temperatur anzeigt)

$K = 1836{,}724\,(1 + 0{,}0336793\,T + 0{,}0002209936\,T^2)$

So daß die von Poiseuille für den Ausfluß der Flüssigkeiten aus Röhren von sehr kleinen Durchmessern gegebene Formel ist

$$Q = 1836{,}724\ (1 + 0{,}0336773\ T + 0{,}0002209936\ T^2)\ \frac{HD^4}{L}$$

Die Versuche, deren hauptsächlichste Resultate wir so eben kennen gelehrt haben, begründen also die Gesetze, nach welchen sich das Ausfließen der Flüssigkeiten in gläsernen Röhren von sehr kleinen Durchmessern richtet, wenn man den Druck, dem diese Flüssigkeiten unterworfen sind, die Länge und den Durchmesser der Röhren verändert. Poiseuille beschäftigt sich damit, zu untersuchen, wie weit sich diese Gesetze auf den Ausfluß der Flüssigkeiten aus den Capillargefäßen der todten oder lebenden Thiere anwenden lassen, um zu entdecken zu suchen, ob es nicht außer der Lebenskraft eine der organischen Natur eigenthümliche physische Ursache gebe, welche zu Erklärung eines Theiles der beobachteten Thatsachen dienen könnte. Bis jetzt aber hat er mit vielem Scharfsinn die Aufgabe gelöst, die zum Zwecke hatte, die Identität in der Ausflußweise, welche in den Glasröhren, in den Capillarröhren der todten oder lebenden Thiere betrachtet wurde, dadurch zu begründen, daß er die Natur des ausfließenden Fluidums veränderte. Er hat demnach von der Bewegung der Flüssigkeiten

1) in gläsernen Haarröhrchen,
2) in den Haarröhrchen der organischen, des Lebens beraubten Körper,
3) in den nämlichen Röhrchen unter dem Einflusse des Lebens gehandelt.

Wir wollen nach der Reihe jede dieser Aufgaben untersuchen, und den von ihm eingeschlagenen Weg verfolgen.

Grundthatsache.

Bei dem Ausflusse der Flüssigkeit durch Röhren von sehr geringem Durchmesser bewegt sich die Flüssigkeit in einem Kanale, dessen Wände von der ausfließenden Flüssigkeit gebildet werden. Dieses Princip, das von allen denen angenommen wurde, die sich mit

der Hydrodynamik beschäftigten, ist von Poiseuille durch einen Versuch auf folgende Weise bewiesen worden.

Er nahm eine gläserne Röhre von folgenden Dimensionen:

Röhre A, Länge = 108^{mm} 24; Durchmesser 0^{mm},255; Capacität des Fläschchens 6^{cc}; Druck 746^{mm},45 Wasser. Das mit destillirtem Wasser gefüllte Fläschchen leerte sich in 1132″.

Man brachte in die Röhre Firniß von Spa, der mit dem Dreifachen seines Gewichts mit Alkohol verdünnt wurde, sodann eine große Menge Luft, um den Alkohol zu verdunsten, damit die innere Oberfläche der Röhre mit einer Firnißschichte überzogen und matt werde. Das Ausfließen der nämlichen Menge Wasser bewerkstelligte sich diesmal in 1136 Sekunden; es fand demnach eine Verzögerung von 4 Sekunden Statt, welche wahrscheinlich von einer Verengung des Röhrendurchmessers herrührte. Um zu sehen, wie weit diese Meinung gegründet sei, ließ man bei einer gelinden Wärme die Firnißschichte schmelzen, damit die Oberfläche glänzend würde; das Fläschchen leerte sich alsdann in 1135,75 Sekunden, also fast in derselben Zeit. Die innere Oberfläche der Röhre mag also glänzend oder matt sein, die Dauer des Ausflusses ist dieselbe. Man wird dadurch auf die Annahme geführt, daß bei dem Abfluß aus den Capillarröhren, das Wasser auf einer flüssigen Wand fließt, welche an den Wänden der Röhre durch die attraktive Wirkung, welche das Glas auf die sich bewegende Flüssigkeit ausübt, erhalten wird; die Wirkung dieser Schichte würde die, welche aus der Beschaffenheit der Oberfläche resultirt, vernichten: was diese Ansicht, zu bestätigen scheint, ist der Umstand, daß die Phänomene ganz anders auffallen, wenn die ausfließende Flüssigkeit die Wände nicht naß macht. Als Beispiel führen wir das Quecksilber an, das nicht so schnell aus einer Röhre ausfließt, deren Fläche matt ist, als

aus einer andern von gleicher Natur mit polirter Fläche. Die Natur der Röhre hat also bei Erzeugung der Erscheinung der Bewegung, die man den gegenseitigen Wirkungen der ausfließenden flüssigen Moleküle zuschreiben muß, keinen Einfluß. Wir wollen sehen, was sich bei Flüssigkeiten von verschiedener Natur ereignet.

Röhre B, Länge = 105mm; Durchm. 0mm17; Capazität des Fläschchens 29cc,3; Druck 147mm Quecksilber; Tempr. 16°.

Destillirtes Wasser und salpetersaures Kali.

	Dauer des Ausflusses
Destillirtes Wasser	111'46"
Salz : Wasser = 1 : 50 (dem Gewicht nach)	109'20"
Salz : Wasser = 1 : 10	107'34"

Das Dasein des salpetersauren Kali hat also den Ausfluß erleichtert.

Mit einer Röhre von einem kleineren Durchmesser war das Resultat dasselbe.

Destillirtes Wasser und Alkohol.

Röhre D, 245mm; D = 0,mm36; Capac. des Fläschchens 13cc, 5; Druck 140mm Quecksilber; Temper. 10°.

	Dauer des Ausflusses.
Destillirtes Wasser . . .	8' 43"
Wasserfreier Alkohol . . .	11' 22"
Alkohol : Wasser = 2 : 1	22' 16"
Alkohol : Wasser = 1 : 3	24' 4"
Alkohol : Wasser = 1 : 5	20' 37"
Alkohol : Wasser = 1 : 9	14' 1"
Alkohol : Wasser = 1 : 18	11' 34"

Diese Resultate zeigen, daß der zum Wasser gethane Alkohol den Abfluß der Flüssigkeit verzögert.

Versuche, bei welchen das Wasser durch das Blutwasser ersetzt wird.

Röhre E, Länge 25mm; D = 0mm,175; Capacität des Fläschchens 30cc,75; Druck 2020mm Wasser.

		Dauer des Ausflusses.
Destillirtes Wasser	. . . .	37′ 4″
Blutwasser des Menschen d = 1,02875	.	68′45″
Ein anderes Blutwasser als das vorhergehende d = 1,03037	. . . .	71′25″

Diese Versuche zeigen, daß das Blutwasser halb so schnell, als das destillirte Wasser ausfließe, und daß die beiden Blutwasser, welche doch die nämliche Dichtheit haben, nicht gleich schnell fließen, wahrscheinlich weil sie nicht die nämliche chemische Zusammensetzung haben. Als man Wasser an das Blutwasser that, so erhielt man folgende Resultate:

Wasser : Blutwasser = 1 : 10. Dichtheit, 1,02645. Dauer des Ausflusses 63,4″

Als man fortfuhr, Wasser hinzu zu thun, ging das Ausfließen immer schneller vor sich: mit Mischungen von Blutwasser und salpetersaurem Kali oder essigsaurem Ammoniak fand Poiseuille, daß innerhalb gewisser Gränzen die Ausflußgeschwindigkeit zunahm; wenn man aber zu einer Mischung von Blutwasser und Ammoniak salpetersaures Kali that, so fand eine Verzögerung im Ausfließen Statt.

Der an das Serum geschüttete Alkohol verzögert den Ausfluß wie bei dem destillirten Wasser; wenn man endlich die Mischung von Blutwasser und Alkohol salpetersaures Kali thut, so gibt man dem Blutwasser seine anfängliche Geschwindigkeit wieder.

Die Versuche, deren Hauptresultate wir so eben kennen gelehrt haben, sind mit gläsernen Röhren angestellt worden. Man muß jetzt sehen, ob die Resultate mit den Capillargefäßen der organischen Körper die nämlichen seien. Zu Vereinfachung der Frage wollen wir Körper nehmen, die nicht mehr unter der Herrschaft des Lebens stehen, um die Wirkung der Lebenskraft wegzuschaffen. Bei derartigen Versuchen muß man sich vor der Zusammenklümperung der Blut=

kügelchen oder anderer von verschiedener Natur, wenn mit Pflanzen operirt und vor der Erscheinung des Einziehens in die Gewebe, durch welche die Flüssigkeiten gehen, deren Wirkung das Organ, so zu sagen bald undurchdringlich macht, in Acht nehmen, eine Erscheinung, von welcher weiter unten die Rede sein wird.

Da das destillirte Wasser unter allen Flüssigkeiten diejenige ist, welche diese Erscheinung im höchsten Grade zeigt, so hat Poiseuille ihm das Blutwasser vom Ochsen, vom Hammel substituirt, das diesen Nachtheil nicht hat und dessen Eigenschaften am meisten mit dem Blute Aehnlichkeit haben. Das entfaserte Blut konnte nicht mit Vortheil angewandt werden, weil der Versuch bewiesen hat, daß der Abfluß immer langsamer vor sich geht, und endlich ganz aufhört. Daraus erklärt man, woher es komme, daß der Tod auf eine auf einanderfolgende Verringerung des Faserstoffes in dem Blute folge.

Um mit dem todten Thiere zu experimentiren, fängt man damit an, das Thier durch Blutverlust zu tödten, und man spritzt sodann die Hauptarterie eines Organs, mit welchem man operiren will, mit Blutwasser von der umgebenden Temperatur ein, bis das ganze rothe Blut ausgetrieben ist, indem das Organ immer einen Theil des Thieres ausmacht, das man erkalten läßt, bis es die Temperatur erlangt hat, in deren Mitte es sich befindet. Die Arterie wird sodann zubereitet, um das untere Ende der Röhre aufzunehmen, welche die Flüssigkeit enthält, die in den Haarröhrchen cirkuliren soll. Der von dem Gewichte der sich bewegenden Flüssigkeit ertheilte Druck ist gewöhnlich einer Säule von ungefähr $0^{m},1835$ Höhe gleich, und hat mit dem Drucke des linken Herzens, der mit dem Hämodynameter bestimmt wurde, gleichen Werth; die ausgeflossene Flüssigkeitsmenge war von 90 bis 100^{cc} verschieden.

Versuch mit der Niere eines Hundes, die 5 bis 6 Kilogramme wog; Temperatur 13°,5.

Reines Blutwasser.

	Dauer des Ausflusses.
1ster Versuch	3′ 9″
2ter "	3′ 8″
3ter "	3′ 8″

Dasselbe Blutwasser mit essigsaurem Ammoniak vermischt:

Salz: Blutwasser = 1 : 75 (dem Gewichte nach)

4ter Versuch	2′ 49″
5ter "	2′ 37″
6ter "	2′ 37″

Diese letzteren Versuche zeigen, daß das Dasein des essigsauren Ammoniaks den Ausfluß in den organischen Haarröhrchen, wie in den Glasröhren beschleunige. Wahrscheinlich ist es, daß in dem 5ten und 6ten Versuche die Dauer des Ausflusses nur darum geringer war, weil die Gefäße kein reines Blutwasser mehr enthielten.

Aehnliche Versuche, welche an dem Schenkel eines Hundes oder an irgend einem andern Organe mit Blutwasser angestellt wurden, dem man salpetersaures Kali zugesetzt hatte, zeigten, daß dieses Salz das Ausfließen des Blutwassers in den Haarröhrchen der ihres Lebens beraubten organischen Körper, wie in den gewöhnlichen Haarröhrchen verzögere.

Der zum Blutwasser hinzugekommene Alkohol verzögert dagegen den Ausfluß, wie in den Glasröhren. Wir wollen zu den Capillargefäßen der lebenden Thiere unter übrigens gleichen Umständen übergeben. Poiseuille befolgte die nämliche Experimentirweise, welche Hering anwandte, und welche darin besteht, in eine der Drosseladern eine Lösung von Cyaneisenkalium zu spritzen, dessen Dasein mit Hülfe geeigneter Reagentien in dem aus der entgegengesetzten Drosselader abgelassenen Blute angezeigt wird; nach-

dem jedoch die Lösung durch die rechten Höhlen des Herzens, die Lungenschlagader, die Haaradern der Lungen, die Lungenvenen, die zum Herzen gehörige große Schlagader, die aufsteigende große Schlagader, die Haargefäße der Organe gegangen ist, aus welchen die Luftröhrenäste entstehen, die sich zu dieser Ader begeben. Es ist ganz klar, daß die Zeit, welche zwischen der Einspritzung des Salzes in die eine von den Drosseladern, und dem Augenblicke ihrer Ankunft in der gegenüberstehenden Drosselader genau diejenige mißt, welche ein Blutmolekül braucht, um den so eben angezeigten Weg zu machen. Diese Versuche machten es vor Allem nothwendig, daß man sich überzeuge, daß die in eine von den Drosseladern eingespritzte Lösung die Intensität der Zusammenziehungen des Herzens nicht merklich modificirte, wovon man sich mit Hülfe des Hämodynameters überzeugte. Ueber diesen Punkt vollständig beruhigt, hat man in eine der Drosseladern mehrerer Hunde, die folgenden Flüssigkeiten gespritzt, welche die Flüssigkeit weder des Blutwassers, noch des entfaserten Blutes in gar nichts veränderten.

1ster Versuch	0,15	Gr.	Cyaneisenkalium,
	10	„	destillirtes Wasser.
2ter Versuch	0,10	„	Cyaneisenkalium,
	3	„	Wasser.
	8	„	Alkohol von 40°
3ter Versuch	0,10	„	Cyaneisenkalium,
	0,10	„	salpetersaures Kali,
	10	„	destillirtes Wasser.
4ter Versuch	0,10	„	Cyaneisenkalium,
	0,60	„	essigsaures Ammoniok,
	10	„	destillirtes Wasser.

Bei jedem Versuche überzeugte man sich, daß die Quecksilbersäule des Hämodynameters vor und nach der Einspritzung der Flüssigkeit in die Drosselader die nämliche war. Vollkommen über diesen Punkt

beruhigt, suchte Poiseuille die Geschwindigkeit des Blutes bei einem Pferde im normalen Zustande, d. h. die Zeit, welche das Blut brauchte, unter dem Einflusse des Cyanürs von einer Drosselader in die andere zu gelangen. Zu diesem Ende brachte er in eine von den Drosseladern, die vorläufig geöffnet worden war, das Ende eines Trichters, der 600 Centimeter faßte, und das aus einem geraden Ansatz bestand, der sich unten in eine leicht gekrümmte, und mit einem Hahnen versehene kupferne Röhre endigte. Die angewandte Flüssigkeit bestand aus 5 Gr. Cyaneisenkalium, das in 450 Gr. destillirten Wassers aufgelöst war; ihre Temperatur war die des Thieres, damit keine Abkühlung stattfinde, welche eine Störung in dem allgemeinen thierischen Haushalte herbeiführen könnte. Das Blut der entgegengesetzten Ader wurde in gewissen Zwischenräumen (die mit einem Chronometer gemessen wurden) in numerirten Gefäßen aufgefangen. Als der Versuch beendigt, die Adern wieder geschlossen waren, überzeugte man sich, ob das Thier nach dem Versuche eben so ruhig sei, als vor demselben, damit man es dafür halten könne, daß es sich im normalen Zustande befinde. Am folgenden Tage wurde das Blutwasser mit Hülfe einer Lösung von Chloreisen untersucht. Die dem ersten Gefäße entsprechende Zeit, in welchem man das Vorkommen des Chlorürs erkannte, war genau diejenige, welche das Blut gebraucht hatte, um von einer Ader in die andere zu gelangen. Versuche, welche von Poiseuille mit zwölf Pferden angestellt wurden, gaben folgende Resultate. Mit der vorher angezeigten Flüssigkeit war die Geschwindigkeit der Circulation von 25 bis 30″; als man essigsaures Ammoniak hinzuthat, war sie von 18 bis 24″; nahm man Alkohol statt des essigsauren Ammoniaks, so betrug sie 40 bis 45″.

Man ist nun auf die merkwürdige Folgerung geführt worden, daß der mit dem Blute vermischte

kohol die Cirkulation des Blutes in den lebenden Haarröhrchen, wie in den gläsernen oder leblosen erzögere, während das essigsaure Ammoniak dieselbe beschleunigt. Das Dasein des salpetersauren Kali bringt die nämliche Wirkung wie das essigsaure Ammoniak hervor. Die so eben angeführten, unter em Einflusse des Lebens hervorgebrachten Erscheinungen, rühren augenscheinlich von physischen Eigenschaften her; sie beweisen uns, daß bei der Untersuchung der physiologischen Erscheinungen, es unerläßlich sei, physischer Kräfte Mitwirkung anzunehmen, welche durch die Lebenskraft modificirt werden können, welche aber unter gewissen Umständen präponderirend sind; denn es ist hinlänglich bewiesen, aß die physischen Ursachen, nach welchen sich der Ausfluß der Flüssigkeiten in den leblosen Röhren ichtet, vollkommen die nämlichen sind, welche die Cirkulation des Blutes in den Thieren bewerkstelligen. In der historischen Einleitung, die wir zu Anfang dieses Werkes gegeben haben, machten wir auf die Nothwendigkeit einer Verbindung der Physik und der Chemie einerseits, der Physik, der Chemie und der Physiologie andererseits aufmerksam; die angeführten Thatsachen lassen über die Wichtigkeit dieser Verbindung für die Fortschritte der Physiologie keinen Zweifel übrig. Niemand zweifelt, daß bei dem Kreislaufe des Blutes die Lebenskraft die der physischen Kräfte modificire. Die Modifikation rührt von der Wirkung der Gewebe auf das Blut her, eine Wirkung, welche nach dem Leben, wenn die der Nerven nicht mehr existirt, nicht mehr die nämliche ist. Dieser Einfluß der Nervenwirkung kann höchstens die Geschwindigkeit des Kreislaufes modificiren, aber doch nicht stark genug, um die allgemeinen Erscheinungen zu verhüllen, welche von der Wirkung der physischen Kräfte nach den Zusammensetzungen, welche in jedem Augenblicke in das Blut

gebracht oder demselben entzogen werden, herrühren. Dem ungeachtet müssen die beobachteten allgemeinen Erscheinungen für die nämlichen in den lebenden wie in den leblosen Haarröhrchen gehalten werden.

Wir haben von dem Hämodynameter gesprochen, ohne ihn zu beschreiben, von jenem Instrumente, womit man den Druck des Blutes mißt, weil wir die Darstellung der Versuche und die Resultate, welche Poiseuille daraus ableitete nicht unterbrechen wollten. Wir halten es für nützlich, dieses sehr einfache Instrument, das man diesem ausgezeichneten Physiologen verdankt, kennen zu lehren.

Es sei eine Glasröhre Fig. 2 Taf. IX., welche einen horizontalen Schenkel AB, einen herabgehenden Schenkel BC und einen dritten aufsteigenden Schenkel DE hat, der so gekrümmt ist, daß er in B einen Viertelskreis und in CD einen Halbkreis bildet.

Da sich die Röhre in einer senkrechten Stellung befindet, nachdem man Quecksilber in die senkrechten Schenkel, deren Niveau in G und in H ist, gebracht hat, so thut man über das Quecksilber und in den horizontalen Schenkel A, B, G eine gesättigte Auflösung von kohlensaurem Natron, um das Gerinnen des Blutes zu verhindern. Wenn das Blut in den Theil A, B, G durch die Mündung A, welche in eine Arterie gebracht wird, hineinkommt, so drückt es auf die Quecksilberfläche G; das Metall wird in dem Schenkel BC, zum Beispiele von G nach K gedrückt, wenn es in dem Schenkel DE in I steigt. Augenscheinlich gibt nach hydrostatischen Gesetzen die Differenz des Niveau des Quecksilbers in den beiden Schenkeln unter Berücksichtigung der kleinen Korrektion, welche von dem Dasein des kohlensauren Natrons herrührt, den Druck des Blutes in dem arteriellen Systeme an.

BIBLIOTHECA ... CENSIS

Fig. 7.
Fig. 1.
Fig. 21
b

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS
CENSIS

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Becquerel, Antoine César,

Populäre Naturlehre mit besonderer Rücksicht auf die Chemie und verwandten Wissenschaften in neun Theilen

Bd.: 6

Stuttgart (1845)

Phys.g. 602 p-6
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132331-5